

Russian Academy of Sciences
Institute of Philosophy

Vitaly Gorokhov

**THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING
FROM SIMPLICITY TO COMPLEXITY**

Москва
2015

Российская Академия Наук
Институт философии

В. Г. Горохов

**ЭВОЛЮЦИЯ ИНЖЕНЕРИИ:
ОТ ПРОСТОТЫ К СЛОЖНОСТИ**

Москва
2015

УДК 300.37+62.007.2
ББК 60.55+88.4
Г 70

В авторской редакции

Рецензенты

доктор филос. наук *А.Л. Андреев*
доктор филос. наук *А.Ю. Севальников*

Г 70

Горохов, В.Г. Эволюция инженерии: от простоты к сложности [Текст] / В.Г. Горохов ; Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М.: ИФРАН, 2015. – 199 с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 000–000. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0288-1.

Инженерная деятельность занимает одно из ведущих мест в современной культуре. Часто инженера определяют как специалиста с высшим техническим образованием. Но инженер должен уметь нечто такое, что невозможно охарактеризовать словом «знает». Он должен обладать еще и особым типом мышления, отличающимся как от обыденного, так и от научного. Именно поэтому, чтобы ответить на вопрос, что такое инженерная деятельность необходимо обратиться к ее истории. Важно отличать, с одной стороны, техника от ремесленника, а с другой – от инженера. Инженер, как и ученый-естествоиспытатель, имеет дело с идеализированными объектами и схемами, которые менялись в ходе эволюции инженерии от простого к сложному. Именно эволюции этих идеализированных представлений инженера в отличие от научных и посвящена данная книга.

ISBN 978-5-9540-0288-1

© Горохов В.Г., 2015

© Институт философии РАН, 2015

Предисловие

Предлагаемая вниманию читателя книга является новым изданием моей брошюры «Знать, чтобы делать. История инженерной профессии и ее роль в современной культуре» (М.: Знание, 1987). Я долгое время колебался, переиздать ли мне ее или написать совершенно новую книгу. Но теперь, наконец, решил остановиться на промежуточном варианте. Почему?

Во-первых, в последнее время стало появляться множество аналогичных, но недостаточно фундированных источниками работ. Во-вторых, мою старую книгу стали распространять (и даже продавать) через сеть Интернета, не спросив разрешения у автора. Конечно, издательство «Знание», к сожалению, исчезло вместе с распадом СССР. Тогдашний ее тираж был 100000 экз., что для сегодняшней, даже научно-популярной, литературы, кажется немыслимой фантастикой. В-третьих, за прошедшие с момента этой публикации годы у меня появились новые историко-научные и историко-технические сведения. Тогда я основывался главным образом на исторических данных, взятых из серии биографий ученых и инженеров, выпускаемой издательством «Наука», прежде всего на материале истории российских инженеров. Сегодня круг таких источников расширился. За эти годы у меня вышло несколько научных работ, например, книга о российском инженере и философе техники П.К. Энгельмейере, основанная на архивных источниках¹, различные учебные пособия² и, наконец, две монографии, одна из которых посвящена соотношению техники и культуры на основе данных, собранных мной во время длительного пребывания в Германии³, а другая – истории и методологии технических наук⁴. Эти работы, однако, слишком перегружены источниками и написаны, может быть, недостаточно

¹ *Горохов В.Г.* Русский инженер и философ техники Петр Климентьевич Энгельмейер (1855–1941). М., 1997.

² См., например: *Горохов В.Г.* Концепции современного естествознания и техники. Учеб. пособие. М., 2000; *он же.* Основы философии техники и технических наук. М., 2007; *он же.* Генезис технической деятельности как предмет социологического анализа. Приложение к журналу «Философские науки». М., 2009; *он же.* Философия и история науки (учеб. пособие для аспирантов ОИЯИ). Дубна, 2012.

³ *Горохов В.Г.* Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и в Германии в конце XIX – начале XX столетий (сравнительный анализ). М., 2009.

⁴ *Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения). М., 2012.

популярно. Поэтому возникает естественная потребность на новом витке полученных мной данных об истории инженерной деятельности вновь обратиться к более популярному изложению, пока это не сделали другие. Кроме того, в 1990 г. вышел английский перевод моей книги «Знать чтобы делать» в издательстве «Мир»⁵, которое также исчезло, как и издательство «Знание». Работа с переводом на английский язык открыла для меня новые взгляды на изучаемый предмет. Я должен был искать релевантные и понятные зарубежному читателю источники. Даже подбор, казалось бы, стандартных цитат оказался непростым делом. Многие взятые мной из российских изданий цитаты, например, Гераклита, как оказалось, имеют иное звучание, и пришлось подбирать другие.

За прошедшие 25 лет мной были прочитаны спецкурсы студентам Государственного академического университета гуманитарных наук по курсу философии науки и техники, философского факультета МГУ по специальности культурология «История и философия техники», немецким студентам технического университета г. Карлсруэ по курсу история науки и техники с философской точки зрения и в особенности аспирантам различных специальностей (в том числе и инженерных) по курсу «История и философия науки». Эти лекции также открыли для меня новое видение предмета исследования – и не только потому, что я вынужден был каждый раз просматривать новые источники (а в Германии еще и на немецком языке), но и потому, что многому научился сам у студентов и аспирантов, которые выступали на этих занятиях с презентациями и рефератами по истории науки и техники. Культурологи, например, открыли для меня новый ракурс рассмотрения техники в таких темах, как история развития музыкальных инструментов или театрального освещения, техники фотографии или кино и т. п., аспиранты различных технических специальностей приводили интересные примеры из их областей, как, например, в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) из области развития техники физического эксперимента. Все эти разрозненные знания, аспекты и темы стало необходимо свести в некоторую общую картину и к тому же дать ее в популярном изложении.

Так внезапно родилась долго вызревающая в моем подсознании идея нового издания этой книги.

⁵ Горюхов В.Г. Engineering: Art and Science. М., 1990.

Введение

Техника больше не является делом узких специалистов, призванных осчастливить человечество. В современном глобальном мире в создании и функционировании техники участвует все общество от правительств до частных инвесторов, от ученых и инженеров, участвующих в разработке новой техники, до простых пользователей, решающих использовать ее у себя дома, в бюро, на заводе – или не использовать, и какую именно технику тоже. Таким образом центр внимания современных исследований техники сместился с рассмотрения техники самой по себе на процесс ее взаимодействия с обществом.

Инженерная деятельность занимает одно из ведущих мест в современной культуре. Действительно, все, что сегодня окружает нас, – высотные дома и автомобили, вычислительные устройства, мобильные телефоны, спутники и космические корабли, электростанции, каналы, железные дороги, аэродромы и самолеты, хранилища отходов и предприятия по их переработке – создано инженерами и было бы невозможно без современной техники. Но не каждый, в том числе и инженер, может сформулировать суть инженерной профессии и определить ее место в обществе, тем более, что оно менялось в процессе его исторического развития. Часто инженера определяют как специалиста с высшим техническим образованием. Но инженер должен уметь нечто такое, что невозможно охарактеризовать словом «знает». Он должен обладать еще и особым типом мышления, отличающимся как от обыденного, так и от научного. Именно поэтому, чтобы ответить на все эти вопросы, необходимо обратиться к истории технической деятельности.

В современном значении слово «техника» употребляется в двух смыслах. В общем и широком смысле каждый вид человеческой деятельности имеет свою технику (техника живописца, музыканта, оратора, исследователя и т. д.). В узком же смысле она означает деятельность техника по профессии как человека, достигающего практических целей. Поэтому для того, чтобы определить технику, нужно, прежде всего, выяснить ее цели и средства. Техника всегда решает определенные задачи, которые рождаются из потребностей человека. Но не всякая осознанная потребность образует техническую задачу. В то же время одна потребность мо-

жет привести к нескольким техническим задачам. Когда же техническая задача решена, то говорят о техническом эффекте данной технической системы (скажем, технический эффект ножниц – разрезание надвое твердых тел). «Техника есть искусство вызывать намеченные полезные явления природы, пользуясь известными нам свойствами природных тел». Техника, таким образом, относится к объективирующей деятельности. Важно отличать, с одной стороны, техника от ремесленника, который «вырабатывает свои произведения исключительно путем усвоения раз навсегда выработанной рутины»⁶, а с другой – от инженера, на долю которого «выпадает деятельность творческая и направляющая, на долю техника – исполнение»⁷. Инженер, как и ученый-естествоиспытатель, имеет дело с идеализированными объектами и схемами.

Проблема соотношения простого и сложного пронизывает всю историю человечества, в особенности историю философии и науки. Древнегреческие философы искали основания данного нам в ощущениях сложного мира в простых рациональных конструкциях, сводя их к атомам, как Демокрит, гомеомериям, как Анаксагор, апейрону, как Анаксимандр. Но проблема эта касалась не только мира природного, естественного, но и мира искусственного. Именно из этого убеждения свести сложное к простому сформировалась античная теория «простых машин», изложение которой мы находим у Аристотеля, Архимеда и, наконец, Герона Александрийского. Именно эти авторы оказали влияние на представление о машинах в эпоху Возрождения и в Новое время. Их наследие начинает обсуждаться на разные лады тогдашними мастерами, инженерами, конструкторами машин, которые, правда, руководствовались уже иными, чем раньше, практическими задачами. Машины становятся достаточно сложными, и их расчет требует построения моделей, но знания, полученные на этих моделях, не всегда просто и автоматически применяются при переходе к иным размерам и реальным конструкциям.

⁶ *Энгельмейер П.К.* Техника как искусство // Науч. обозрение. 1900. № 6. С. 1022, 1024.

⁷ *Энгельмейер П.К.* Технический итог XIX века. Вып. 2. М., 1898. С. 49.

Глава 1

Попытки рационального описания технической деятельности

В сущности, технологии – это всегда социальные конструкты, осознается этот факт или нет. Вне социума никаких технологий вообще быть не может⁸. Они создаются в определенной социокультурной среде и служат для ее развития. В особенности это стало очевидным во второй половине XX в. Даже если инженер проектирует всего лишь технические системы, он в действительности «создает определенные системы деятельности»⁹. Речь идет фактически о проектировании систем деятельности, не искусственных систем (артефактов), не естественных систем (природных объектов), а именно самой деятельности. Но деятельность невозможно проектировать в традици-

⁸ В поле зрения человека объекты вступают лишь постольку и в той мере, поскольку и какой мере они модифицируются людьми. Засыпанные с течением времени землей города и технические сооружения ничем не отличаются от природного ландшафта до тех пор, пока их не раскопали археологи и не сделали достоянием современной культуры. Причем возможны разные интерпретации, как было, например, с раскопками Шлиманом Трои. Другой пример – интерпретация фундаментов построек, найденных в Палестине, как заводов по производству металлических изделий, чтобы разрушить ранее сформулированную доктрину о том, что филистимляне запретили иудеям этот вид производства. На проверку они оказались бывшими зернохранилищами. Таким образом техника, как социальный феномен, чтобы ее отличить от природных объектов, требует, опять же, социокультурной интерпретации.

⁹ *Щедровицкий Г.П.* «Естественное» и «искусственное» в социотехнических системах // Архив Чтений памяти Г.П.Щедровицкого. Тексты к XV чтением. [Электронный ресурс] <http://www.fondgp.ru/lib/chteniya/xv/text/8> (дата обращения: 28.09.2009).

онном смысле этого слова. Ее можно планировать, опробовать, закреплять наиболее успешные процедуры, затем по возможности точно (без сбоев) воспроизводить их и многократно повторять. Но закреплять и транслировать успешные процедуры деятельности возможно лишь двумя способами: либо с помощью генетических механизмов и механизмов биологической эволюции и естественного отбора или же с помощью культуры. Этот последний способ и является, по сути дела, технологией именно человеческой деятельности, предпосылка которой – наличие социальной организации.

Важную роль для понимания социальных условий возникновения техники как особой орудийной деятельности человека играет четкое разграничение техникopodobных действий животных и технической человеческой деятельности.

У человека случайное использование «готовых» природных объектов в качестве орудий постепенно переходит в их целенаправленное применение и сознательную модификацию природных объектов в процессе их использования в качестве орудий. Такого рода модификация и создание орудий впрок для их возможного применения в будущем и образуют зачатки первобытного производства, процедуры которого закрепляются в социальной памяти первобытного общества, например, в форме мифов или ритуальных действий (а у животного – эволюционно-биологическим путем). И в том и в другом случае сначала происходит случайное использование «готовых» природных объектов в качестве орудий. Однако «действия животного автоматичны и инстинктивны, тогда как человеку доступно настоящее творчество»¹⁰. Эти зачатки технических знаний передаются из поколения в поколение, дополняются и развиваются, вырастая впоследствии в систему научных знаний. Тем самым создаются предпосылки для совместного использования и общественного производства, а затем и закрепления в культуре и передачи последующим поколениям не только самих этих орудий, но и опыта их применения и создания, а значит, и возможности их исторического совершенствования.

В 1991 г. в Тирольских Альпах на леднике в долине Эцталь была обнаружена ледяная мумия человека – Эци (нем. *Ötzi*). Возраст ее примерно 5300 лет. При мумии был обнаружен колчан со стрелами и

¹⁰ *Энгельмейер П.К.* Конспект лекций по философии техники. Ч. 1: История техники. Баку, 1922. С. 7.

лук. Колчан сделан из прямоугольного, продолговатого мешка шкуры. Внутри – 12 заготовок из веток калины 84–87 см в длину (со снятой корой, но ещё не полностью гладкие, на кончиках есть зарубки) и лишь 2 готовых к использованию стрелы. Харм Паульсен (*Harm Paulsen*), археолог, сделал по образцу лука Эци 9 луков и испытал их, сделал вывод, что лук Эци по своим техническим характеристикам приближается к современным спортивным лукам и что с подобным луком с лёгкостью можно точно застрелить диких животных на расстоянии 30-50 м. С таким луком можно стрелять и на расстоянии 180 м. При натягивании тетивы на 72 см пальцы ощущают 28 кг веса (рис. 1). Лук – длиной 1,82 м из ясеня. Следы обработки чётко указывают, что речь идёт о незаконченном предмете. Посредством соскабливания и полировки хвостом поверхность лука должна была стать гладкой. Также отсутствует тетива, которая у доисторических луков, как правило, на одном конце была закреплена петлёй, а на другом – обкручиванием сухожилия вокруг лука¹¹.

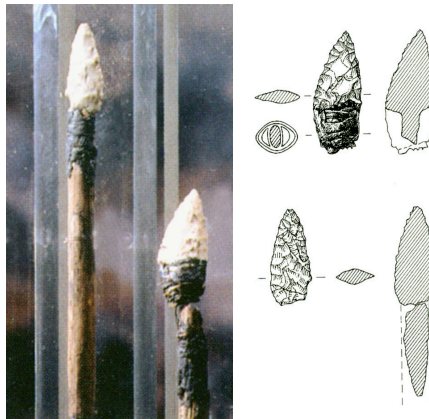


Рис. 1. Стрелы первобытного человека и реконструкция способа их изготовления¹²

¹¹ Создание и пополнение арсенала различного рода орудий, специализированных на использовании их для различных общественных целей, является первым следствием такого рода деятельности, ставшим самым дорогим наследством первобытного крестьянина, а потом строителя и ремесленника.

¹² [Электронный ресурс] http://www.landschaftsmuseum.de/Bilder/Oetzi-Pfeile_Spitzen+Zeichen-2.jpg (дата обращения: 28.09.2009).

Воспроизводимость опыта создания орудий и самих орудий, передача этого опыта последующим поколениям составляет одну из главнейших черт технического прогресса общества, имеющего следствием возникновение разделения труда. Это привело к формированию слоя ремесленников, занятых производством сельскохозяйственных и других орудий, оружия и т. д., а также производством одежды, строительством жилищ и хозяйственных помещений, средств передвижения, оросительных каналов, культовым строительством и т. п., т. е. созданием искусственно усовершенствованной, приспособленной для человеческих целей окружающей среды (рис. 2).



Рис. 2. Римский акведук¹³ и римская дорога¹⁴

В социуме складываются три типа орудий: орудия низшего уровня, как технические средства выполнения конкретных операций, социальная организация технической и вообще любой человеческой деятельности и психические орудия, главным из которых является язык в виде внешней речи, облеченной в звуковые сообщения или зрительные образы – символы, тексты, чертежи, схемы и т. п.,

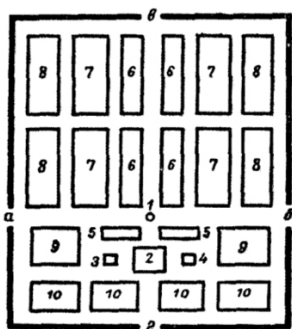
¹³ Римские акведуки. [Электронный ресурс] <http://geographyofrussia.com/rimskie-akveduki/> (дата обращения: 28.09.2009).

¹⁴ «Дороги укладывались на крепком каменном основании. Они имели округлые скосы, полотно их выкладывалось плитами или мелким камнем. Ширина дорог везде составляла 6 м. Такая дорога веками не требовала ремонта, и по ней можно было быстро продвигаться войскам и транспорту. Покрытие некоторых особо важных в стратегическом или экономическом отношении дорог состояло из ряда последовательных слоев камня и щебня, скрепленных известковым раствором» (Римские дороги. [Электронный ресурс] <http://pochemy.net/?n=559> (дата обращения: 28.09.2009).

которые постепенно становятся развитием идеального плана деятельности и внутренней коммуникации с самим собой¹⁵. Это уже начало пути выработки, фиксации, накопления и трансляции сначала технических, а затем и научно-технических знаний. Именно язык является главным средством и одновременно продуктом коммуникации, т. е. артефактом, орудием человеческого общения, конституирующим человеческое общество. Такая расширительная трактовка «орудия» в большей степени отвечает современному представлению «технического» как постоянно воспроизводимой схемы деятельности и как рефлексивного понятия и социального конструкта.

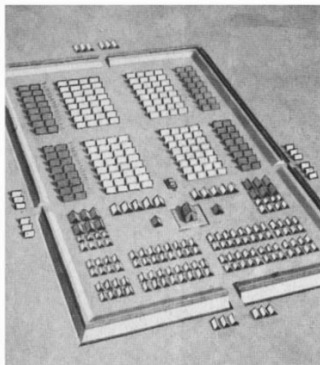
Постепенно формируются особые социальные механизмы накопления и передачи знаний о технике, причем мифология выполняет двоякую функцию по отношению к технике – объяснительную (учебную) и перспективную (проективную). Сознательное производство орудий, и в особенности орудий для производства орудий, предполагает становление и совершенствование орудийной деятельности человека, плановое вмешательство в природу в соответствии с потребностями и интересами человека – изменение природной реальности и превращение ее в социальную реальность. Важнейшим продуктом деятельности исторических государств было, таким образом, не столько создание отдельных орудий, сколько видоизменение окружающей человека среды в соответствии с социальными нуждами и господствующими в обществе представлениями, в том числе мифологическими и религиозными. Это привело, в конечном счете, к созданию сложных социотехнических систем, требующих их постоянного поддержания, воспроизведения, а для этого развития специальных форм социального управления и регулирования (рис. 3).

¹⁵ Например, в отличие от *Homo sapiens* неандертальцы жили в безмолвном мире. Как доказали археологические находки, строение их горловой системы, как и у высших обезьян, не было приспособлено к издаванию членораздельных звуков (Die Sprache des Neandertalerd. [Электронный ресурс] http://www.evolution-mensch.de/thema/sprache/sprache_neandertaler.php (дата обращения: 28.09.2009)). *Homo neanderthalensis* хорошо приспосабливались к окружающему миру и делали неплохие каменные орудия, охотились на крупных животных, умели шить себе одежду и управляться с огнем. Они передавали свои знания из поколения к поколению, но не с помощью языка. «Хотя многие животные коммуницировали с помощью звуков, но не способны были развить языковые способности» (*Krause J. et al. The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neandertals // Current Biology. 2007. No. 17. P. 1908.*)



План римского военного лагеря

WWW.PRETICH.NAROD.RU



Римский военный лагерь

WWW.PRETICH.NAROD.RU

Рис. 3. Реконструкция структуры римского военного лагеря, на основе которых выросли многие европейские города, сохранившие эту структуру¹⁶

Технология древности – это не только практическое предписание к исполнению, сохраняемый в строгой тайне от непосвященных рецепт: это проекция магического сознания. Это было ритуальное знание в форме секрета, причем в основе ритуала лежит стремление «запомнить» и «повторить». Неважно, в каком виде фиксируется такая технология – в виде ритуального танца, наскального рисунка, песнопения и т. п., – она является не рациональным проектом практического действия, а воспроизводимым каноническим образом единой ремесленно-магической процедуры. Хотя вещь и появляется из рук мастера в результате выполнения им определенных процедур изготовления, но «в появлении вещи участвует тайное искусство мастера – превосходящий всякое предписание акт творения»¹⁷. Мы можем попытаться реконструировать процедуры такой техно-

¹⁶ План и внешний вид римского военного лагеря. [Электронный ресурс] <http://pretich2005.narod.ru/histoty/hystory-war/pl-rim-lag.htm> (дата обращения: 28.09.2009). 3D-реконструкцию римского форта, построенного возле вала Адриана в Ньюкасле (Великобритания), известного также как the Pons Aelius Roman fort at Newcastle. Расположен на холме, изначально был построен из дерева и земли, а позже – из камня, см.: Военный лагерь римлян. [Электронный ресурс] <http://3darchaeology.3dn.ru/dir/2-1-0-38> (дата обращения: 28.09.2009).

¹⁷ Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента: от античности до XVII в. М., 1976. С. 122.

логической деятельности с помощью средств современной науки, но сама она передавалась непосредственно в ходе воспроизведения и многократного повторения, а описание ее (даже если оно и существовало) является лишь отражением мифологического сознания и миропонимания. В качестве примера можно привести исследование технологии создания клинков из дамасской стали.

В одной из саг описывается, как кузнец, чтобы сделать меч лучше, «вернулся в свою кузницу, взял напильник, сточил меч в мелкую стружку и смешал ее с мукой. Потом он накормил этой смесью прирученных птиц, которых три дня держал без пищи, он расплавил птичий помет в горне, получил железо, очистил его от окалины и снова выковал меч размером меньше первого», который хорошо прилегал к руке и стал самым острым и лучшим из всех мечей, какие заказчик-царь когда-либо видел¹⁸. Такое описание вряд ли может помочь в воспроизведении древней технологии. Согласно другой легенде клинок на заключительной стадии охлаждался весьма оригинальным способом: раскаленный клинок втыкали в тело мускулистого раба, считая, что таким образом его сила передается изготовленному мечу или опускали в мочу рыжего мальчика или козла, три дня питавшегося папоротником. Исторически считалось, что такой меч изготавливался ковкой плотно сложенных нескольких листов железа с нанесенным на них тонким слоем графита, которые затем разогревались до плавления, потом опять подвергались ковке и т. д., а после охлаждения его шлифовали, полировали и, наконец, декорировали¹⁹.

«Одно из наиболее подробных описаний процедуры закалки дамасской стали (булата) было найдено в храме Балгала в Малой Азии: “Булат нужно нагревать до тех пор, пока он не потеряет блеск и станет как восходящее солнце в пустыне, после чего остудить его до цвета королевского пурпура и затем вонзить в тело могучего раба... Сила раба перейдет в клинок и придаст прочность металлу”. Эту “инструкцию” можно расшифровать следующим образом. Клинок нагревали до высокой температуры, предположительно выше 1000°C (температура “восходящего в пустыне солнца”), затем охлаждали на воздухе примерно до 800°C (до цвета ко-

¹⁸ *Ле Гофф Ж.* Цивилизация средневекового Запада. Сретенск, 2000. С. 194.

¹⁹ *Legendary Swords' Sharpness, Strength From Nanotubes, Study Says.* Mason Inman for National Geographic News. November 16. 2006; *Salloum H.* The Legendary Swords of Damascus – Now Only Museum Pieces, Toronto, Ontario Canada, 2005. [Электронный ресурс] <http://www.theworldly.org/ArticlesPages/Articles2005/January05Articles/DamascusSwords.html> (дата обращения: 28.09.2009).

ролевского пурпура) и, наконец, погружали в теплую (37°C) полужидкую среду наподобие рассола». Хотя этот рецепт и не обеспечивал наилучшие свойства дамасской стали, для нас важно сравнить два описания одной и той же технологии – мифообразный и научно-технический. «Согласно современным теоретическим представлениям в металловедении, наиболее прочными и вязкими сталями оказываются те, которые имеют наименьшие размеры зерен и частиц. Отсюда следует парадоксальный вывод: наилучшими дамасскими клинками должны быть те, которые вообще не имеют “дамасского” узора. Для средневековых мастеров “дамасский” узор, без сомнения, служил формой контроля качества: наличие узора было и признаком высокого содержания углерода в металле, т. е. высокой прочности, и признаком хорошо прокованной структуры, т. е. высокой вязкости. Однако заметный глазу узор получается только в том случае, если частицы цемента достаточно крупны и распределены неравномерно в структуре стали. Клинки с очень тонкой микроструктурой, не дающей видимого узора, вероятно, могут иметь более высокие показатели прочности и вязкости»²⁰.

Точная реконструкция древней технологии стала возможной благодаря достижением современной нанотехнологии, позволившей понять, объяснить и воспроизвести ее процедуры. В структуре клинка из дамасской стали были обнаружены нанопроволочки длиной несколько сотен нанометров, которые ранее не поддавались наблюдению (см. рис. 4)²¹.



Рис. 4. На рисунке справа показана структура клинка из дамасской стали (см. слева), где видны нанопроволочки длиной в несколько сотен нанометров²²

²⁰ Шерби О.Д., Уодсворт Дж., Sherby Oleg D. Дамасская сталь. Станфордский университет, Jeffrey Wadsworth, компания Локхид. <http://dendrite-steel.narod.ru/lib-sherby.htm>

²¹ Verhoeven J.D., Pendray A.H. and Dauksch W.E. The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades // JOM. 1998. Vol. 50. No. 9. Archaeotechnology, The Minerals, Metals & Materials Society. [Электронный ресурс] <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9809/Verhoeven-9809.html> (дата обращения: 28.09.2009).

²² Ibid.

Это, однако, абсолютно не меняет суть дела – и в том, и в другом случае мы имеем дело с описанием процедурной стороны технической деятельности – т. е. технологии.

В античности формируется рациональный способ описания технологии. Именно в механике – тогда технике, а не физике – может применяться математика. Архимедова спираль – это кривая, образуемая движением точки по линии, «которую можно определить как траекторию точки, участвующей в двух движениях прямолинейном и равномерном (относительном) по прямой, равномерно вращающейся вокруг одного из своих концов (переносном)», причем предложения I и II в доказательстве Архимеда «носят чисто механический характер», т. е. явно навеяны практической механикой (винт Архимеда). «Если какая-нибудь прямая в плоскости, равномерно вращаясь вокруг одного своего конца, удерживаемого неподвижным, вернется опять в исходное положение, и одновременно по вращающейся прямой равномерно движется некоторая точка, выходя из неподвижного конца, то эта точка на упомянутой плоскости опишет спираль»²³. Однако истинно математически-механическое описание технологии мы находим в конструкции театральных автоматов у Герона Александрийского. «Труд Герона “Автоматический театр” описывает театральные конструкции, которые движутся посредством грузов, приводимых в движение обернутой вокруг барабана веревкой». Это, по сути дела, первый программированный механизм, в котором валки с шипами и накрученными на них веревками выполняют роль своеобразных «перфокарт». Они приводят в движение сложный театральный механизм по заранее заданной технологии – «записанной» в механизме программе действий или отдельных процедур, которая разыгрывает действие на сцене кукольного театра, например, драматические сцены окончания троянской войны. Силой падающих грузов с помощью колес, блоков и рычагов приводятся в движение фигуры, точнее этот остроумный механизм создает различные движения²⁴. «В своих автоматических театрах Герон, по сути, использовал элементы программирования: действия автоматами выполнялись

²³ *Архимед*. Соч. М., 1962. С. 518, 220, 245.

²⁴ Heron von Alexandria, Biographie, Erfindungen. Wissenschaft. Part 2. Heron's Automatic Theater. [Электронный ресурс] <http://www.mlhanas.de/Greeks/HeronAlexandria2.htm> (дата обращения: 28.09.2009).

в строгой последовательности, декорации сменяли друг друга в нужные моменты. Примечательно, что основной движущей силой, приведшей в движение механизмы театра, была гравитация (использовалась энергия падающих тел), также использовались элементы пневматики и гидравлики»²⁵ (см. рис. 5).

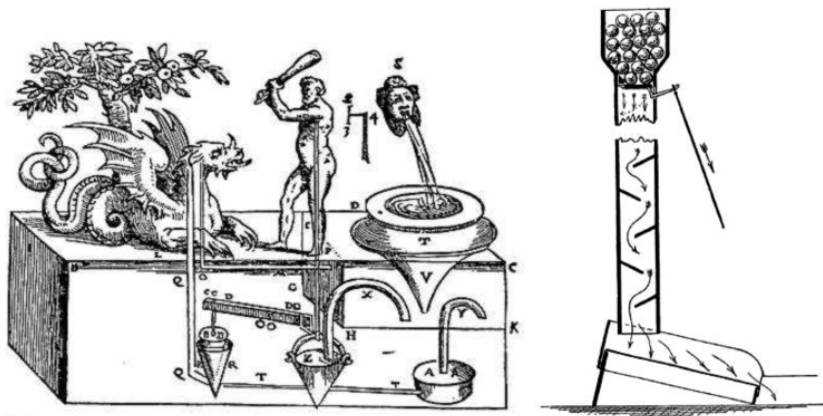


Рис. 5. Один из автоматов Герона (слева) и имитатор грома (справа)²⁶

Античная механика разложила по полочкам так называемые простые машины, из которых собраны все сложные. Каждой из этих машин (блок, винт, полиспасть и т. п.) соответствовали определенные методы расчета. Но сборка из них сложных машин оказалась уже в Новое время не такой простой²⁷. Над этой проблемой бились многие инженеры и ученые, в том числе и Галилей. Однако по-настоящему эта проблема возникла перед наукой о машинах в конце XVIII в., когда количество машин и механизмов стало настолько большим, что их описание заняло несколько объемистых

²⁵ Романенко Д. Забытые изобретения Герона Александрийского. [Электронный ресурс] http://www.romanenko.ua/ru/library/article_heron.html (дата обращения: 28.09.2009).

²⁶ Там же. Рис. 20 и рис. 21.

²⁷ Marco Ceccarelli. Early TMM in Le Mecaniche by Galileo Galilei in 1593. [Электронный ресурс] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094114X06000553> (дата обращения: 28.09.2009); Левина И.С., Рожанская М.М. У истоков механики машин // Исследования по истории механики. М., 1983.

томов различных «театров машин», наиболее известным из которых является десяти томный труд германского механика Якоба Леопольда²⁸. Уже тогда стало ясно, что редукция сложных машин к простым не дает в руки механиков надежного инструмента не только для их создания, но и для анализа и описания.

Вторая книга «Механики» Герона «посвящена классификации, описанию, действию и практическому применению пяти “простых машин” (рычаг, блок, винт, ворот, клин). В ней содержатся отрывки из ранних произведений Архимеда: “Книги опор” и “Книги о рычаге” <...> Далее следует описание механизмов, в которых в разных сочетаниях комбинируются “простые машины” (кроме клина)»²⁹.

Общий принцип их работы Герон видит в круге: «мы можем рассматривать линию *BE* как весы, которые могут вращаться около точки подвеса *A*. Это доказал Архимед в своей книге “О равновесии” <...> Отсюда ясно, что можно большую величину малой силой»³⁰. «Таким образом, опираясь на извлечения из Архимеда и применяя геометрические приемы, Герон следует принципам геометрической статики» и с этой точки зрения объясняет принцип действия простых машин³¹.

В теории рычага Герон развивает идеи Архимеда. «В форме вопросов и ответов он рассматривает 17 задач, в которых разбирается действие “простых машин” В конце второй книги рассматриваются “задачи древних” <...> и практические задачи на определение центра тяжести. В третьей книге описаны различные устройства для поднятия тяжестей и виды процессов как комбинаций “простых машин”. «Существует, – говорит он, – всего пять потенций, при помощи которых заданный груз передвигается заданной силой: ворот, рычаг, полиспаст, клин, винт». Герон «приводит подробное описание каждой из них по определенному плану: название, материал, из которого изготавливают соответствующую машину – “потенцию”, способ изготовления, форма, соотношение

²⁸ См., например, один из них: *Leopold J. Teatri Machinarii, oder Schau-Platz der Heb-Zeuge oder Maschinen eine Last vorzubringen und zu erheben.* Leipzig, 1725; Reprint. Hannover: Th. Schäfer GmbH, 1982.

²⁹ *Рожанская М.М.* «Механика» Герона. С. 121. [Электронный ресурс] <http://www.sno.pro1.ru/lib/nriian/11.htm> (дата обращения: 28.09.2009).

³⁰ *Герон.* Механика. Кн. II // *Архимед.* Соч. М. 1962. С. 68.

³¹ *Левина И.С., Рожанская М.М.* У истоков механики машин. С. 105.

ее частей, “действующая причина”, т. е. принцип ее действия и, наконец, теоретические соображения о расчете сил при работе машины. Герона прежде всего интересует “причина, действующая в каждом употребляемом движении”, то есть “причина, по которой каждая из этих машин поднимает большие тяжести при помощи малой силы» <...>, иначе говоря, общий принцип работ всех описанных машин». Герон так формулирует основной закон работы машины: “Если при пользовании машиной требуется увеличение силы, то в результате происходит замедление, ибо чем менее движущая сила по отношению к движимой тяжести, тем больше потребуется и времени; таким образом, сила к силе и время ко времени находятся в том же самом обратном отношении». Исходя из этого принципа, «Герон объясняет действие уже не “простых машин”, а их комбинаций, к описанию которых он переходит далее. Он рассматривает два типа таких комбинаций: 1) Комбинации однородных машин – сочетания по несколько блоков, воротов и рычагов. 2) Комбинации неоднородных машин – сочетания ворот-винт, блок-рычаг и т. д. Сопровождая описание этих механизмов числовыми примерами, он на каждом из них демонстрирует “золотое правило механики”. В “Механических проблемах” описывается всего три “простые машины”: рычаг, клин, ворот. У Герона – все пять...»³².

В данном случае также идет речь о технологии, но иного рода, чем в первом случае, не технологии создания, а технологии (или процедурах) функционирования систем деятельности. Театральный автомат замещает процедуры человеческой деятельности работой механических устройств, созданных на основе математики. Алгоритм функционирования системы как бы сливается с алгоритмом этой деятельности. Аналогичная ситуация наблюдается значительно позже, в особенности при создании автоматизированных систем управления, алгоритм функционирования которых описывает автоматизируемую управленческую деятельность. Но суть дела здесь та же, что и в древнегреческом «автоматическом театре» или музыкальных автоматах более позднего времени. Последовательность операций, задающих динамику поведения системы или ее элемента, составляет операционный алгоритм (правило действий) процесса деятельности. Функционирование системы дея-

³² Рожанская М.М. «Механика» Герона. С. 121–124.

тельности, таким образом, представляет собой наложение динамики событий (операционного алгоритма) на статическую структуру каждого ее состояния. Операционное представление тесно связано с понятием автоматизации и тем самым с машинизированным представлением системы, причем под автоматизацией понимается замена того или иного аспекта человеческой деятельности машинными элементами. А необходимым условием такой замены считается пооперационное и алгоритмическое описание, так же как и в технологии первого типа – технологии создания технических или иных, например, социальных систем. Предполагается, что любая деятельность может быть разложена на последовательность операций и по крайней мере некоторая ее часть может быть машинизирована. Однако известно, что не все виды деятельности поддаются такому описанию. Алгоритмизация – это описание исследуемого объекта и происходящих в нем процессов в виде упорядоченной, строгой последовательности элементарных действий – алгоритма (точно определенного правила действий, «для которого задано указание, как и в какой последовательности это правило необходимо применять к исходным данным задачи, чтобы получить ее решение»³³). Устанавливая контроль «над стихией деятельности», сознание превращает «спонтанный, неопределенный поток изменения в регулярный, определенный процесс, расчлененный на элементы, сменяющие друг друга в последовательности, предопределенной сознанием»³⁴. Таким образом формируется рациональное описание технологии деятельности, которое, однако, необязательно становится научным.

Такого рода машинизацию человеческой деятельности продолжили средневековые монастыри.

³³ Энциклопедия кибернетики. Киев, 1975. С. 94.

³⁴ Смирнов Г.А. Основы формальной теории целостности (Ч. 2-я) // Системные исслед. Методол. пробл. Ежегодник 1980. М., 1981. С. 259.

Глава 2

Развитие предпосылок научного экспериментирования в рамках канонической средневековой культуры

Монахи вели синкретический образ жизни, занимаясь как духовными видами деятельности, так и физическим трудом, рассматривавшимся как форма служения Господу. Необходимость экономии физического труда для высвобождения времени для духовных занятий вызывало стремление к техническим усовершенствованиям, замещающим труд человеческий работой машин, прежде всего самых различных мельниц. «Стремясь уравновесить *opus Dei* (молитвенное служение) и *opus manuum* (ручной труд), монахи, более чем кто-либо, были заинтересованы в техническом прогрессе <...>. В Фуаньи на Эне помимо 14 мельниц имелись одна сукновальная машина, одна пивоварня, одна стекольная мастерская, две прядильни, три виноградных пресса. Все это приводилось в движение посредством воды, без которой немислима жизнь в монастыре. Весьма замысловатое описание XIII века из Клерво повествует о водном потоке, заставлявшем работать мельницу, приводя в движение “тонкое решето, при помощи которого мука отделялась от отрубей”». Эта вода также приводила в движение механизмы пивоваренного цеха, кожевенного производства, поочередно поднимая и опуская деревянные колотушки, унося отходы и т. д. В Фонтене в Бургундии водный поток шел вдоль здания, в Руйамоне – протекал через аббатство, а в Фоунтен – под его мастерскими»³⁵. Книгопечатание было также призвано об-

³⁵ Мулен Л. Повседневная жизнь средневековых монахов Западной Европы (X–XV вв.). М., 2002. С. 121. [Электронный ресурс] http://fictionbook.ru/author/mulen_leo/povsednevnyaya_jizn_srednevekoviyh_monaho/read_online.

легчить труд переписчиков библейских текстов. Французский историк Ле Гофф приводит следующее описание монахом из Клерво в XIII в. работы промышленного приспособления с помощью энергии речного течения, которое звучит как гимн во славу машин: «О, мой Бог! Какое утешение даруешь Ты своим бедным слугам, дабы их не угнетала великая печаль! Как облегчаешь Ты муки детей своих, пребывающих в раскаянии, и как избавляешь от лишнего труда! Сколько бы лошадей надрывалось, сколько бы людей утомляли свои руки в работах, которые делает для нас без всякого труда с нашей стороны эта столь милостивая река, которой мы обязаны и нашей одеждой, и нашим пропитанием»³⁶. Такие мельницы, приводимые в движение водой, ветром или мускульной силой животных и людей, и не только для изготовления муки, но и для резки камней и дерева начинают повсеместно использоваться в средневековье (см. рис. 6)³⁷.

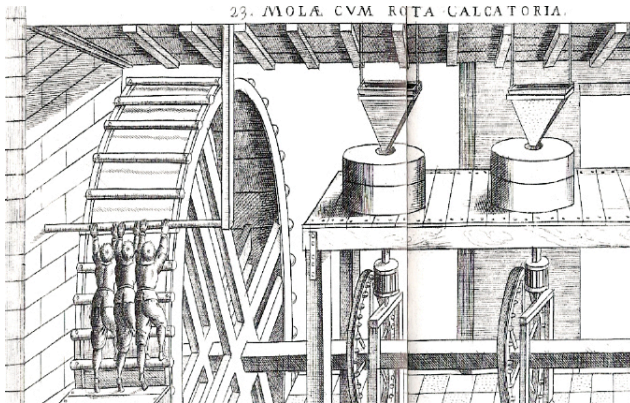


Рис. 6. Средневековая мельница с педалями³⁸

Монахи «создавали настоящие промышленные центры: дубильное, кожевенное и суконное производства, маслобойни, мельницы, черепичные заводы, а также занимались торговлей. Аббат-

html?page=20 (дата обращения: 21.04.2009).

³⁶ Ле Гофф Ж. Цивилизация средневекового Запада. С. 207–208.

³⁷ См., например, репринт с изображением таких мельниц: Fausto Veranzio. Erfindungen von einst. Dortmund, 1982 (Original: «Machinae novae» 1615).

³⁸ Fausto Veranzio. Erfindungen von einst. Dortmund, 1982. S. 56–57.

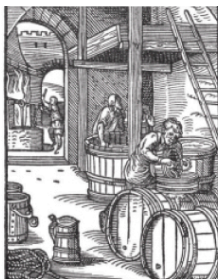
ства специализировались на производстве стекла (картезианцы, цистерцианцы), витражей, эмалей, занимались ювелирным делом (Эйнзидельн), топили воск. Цистерцианцы изготовляли кирпичи больших размеров с несколькими отверстиями для облегчения обжига и последующего использования. Они известны как “кирпичи св. Бернара”. Их можно обнаружить на всех цистерцианских стройках во Франции, Италии, Германии. В Безе монахи устроили множество черепичных мастерских и везли черепицу и кирпич во все монастыри и приораты своего аббатства <...> Историки отмечали настоящее увлечение цистерцианцев различными технологиями. <...> к этому их побуждали требования духовной жизни – необходимость экономии физического труда. <...> Все первые железные мельницы в Германии, Дании, Англии, Южной Италии построены цистерцианцами. <...> Одним из главных нововведений средневековой экономики, несомненно, явилось распространение водяных мельниц. В конце IX века в Англии их насчитывалось более пяти с половиной тысяч. Большинство мельниц принадлежало землевладельцам, как светским, так и духовным. Все большие ордена – бенедиктинцы, гранмонтанцы, картезианцы, цистерцианцы и пр. – владели многочисленными мельницами. Аббатство Лоббес в Бельгии имело 15 мельниц, Цина в Германии – 14, Фуаньи – 14, Орваль – 19. В 1140–1143 гг. тамплиеры построили элеватор и сукновальную машину для бенедиктинцев из Отвилле, разделив с ними затраты и прибыль. Ибо с того времени, как мельницы стали привычным явлением (что происходило не без сопротивления части мещан, особенно в Англии), владеть ими стало выгодно с финансовой точки зрения. В Германии некоторые аббатства – Рейнфельд, Доберан – скупили все водяные и ветряные мельницы региона. Ветряные мельницы только что появились: первая из них датируется примерно 1180 годом, она была построена в Нормандии для аббатства Сен-Совер-ле-Виконт <...> Многие монастыри наладили самое настоящее производство...» (см. рис. 7). «Некоторые аббатства обрабатывали шкуры и торговали ими. Другие занимались шпалерным производством, красивым делом, изготовлением бумаги. Везде, где рос лес и была хоть какая-то рудная жила, монахи открывали кузницы с мехами и молотами. В Англии Керкстед обладал правом искать рудоносные жилы и использовать сухостой для плавильных печей. Картези-

анцы и цистерцианцы Орваля специализировались на производстве чугунных плит. Искусство монахов в кузнечном деле было столь высоким, что граф Шампани в 1156 году подарил кузницу Кретскому аббатству, а через год – еще одну – аббатству Клерво, в 1158-м – аббатству Иньи, аббатство Труа-Фонтен в 1171 году также получило в дар кузницу»³⁹.

Изготовление бумаги



Изготовление пива



Отдельные примеры частных технологий



Изготовление кирпича



Изготовление стекла



Рис. 7. Описание различных средневековых цехов⁴⁰

Итак, первым и главным местом практического технического развития стали западноевропейские средневековые монастыри, бывшие поистине «фабриками» средневековья не только по производству полезных продуктов, но и выполнявшими роль лабораторий технического экспериментирования. «Монахи обеспечивали

³⁹ Мулен Л. Повседневная жизнь средневековых монахов Западной Европы (X–XV вв.). С. 120–122.

⁴⁰ Beckmann J. Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen... Göttingen, 1870.

то, что сегодня называется техническим содействием: они давали советы крестьянам, которые трудились под защитой монастыря, они создавали образцовые фермы, они обладали техническими знаниями, капиталами для вложения, они отличались духом новаторства, они жили в самых разных по климатическим условиям местах. Ученики виноградарей проходили нечто вроде трехлетней стажировки в Кремсмонстере в Баварии. Сугерий, аббат Сен-Дени, снабжал переселенцев-арендаторов, селившихся на землях Бос, усовершенствованным плутом, позволявшим производить более глубокую вспашку. А списки картезианского монастыря в Бресс содержат очень точные наблюдения за природой почв, способами севооборота, разведением скота, выбором арендаторов и прислуги». Технологический трансфер и обмен техническим опытом требовали и рационального описания различных технологий. «В начале XII века монах Теофиль написал труд, посвященный различным ремеслам, которыми он занимался: “*Diversarum artium schedula*” – “Книжица о различных ремеслах”. В этом сочинении содержится множество рекомендаций, основанных на его личном опыте, поэтому они уникальны в своем роде»⁴¹. Это описание было уже рациональным, но еще не научным, хотя и воспроизводимым. Средневековые монастыри играли решающую инновационную роль в области технологии и организации хозяйства (например, организация распределения и употребления времени является открытием монастырей).

Например, согласно хронике монастыря Цвифальтен в Германии (земля Баден-Вюртемберг), впервые пиво в этом монастыре монахи сварили в 1521 г. Два столетия спустя, в 1724 г., аббат Беда Зоммербергер построил новый пивной заводик на том месте, где он находится и сейчас, неизменно сохраняя традиции пивоварения. На стенах этого здания висят плакаты с историей этого древнего искусства, заново переоткрытого много раз.

Аббат Беда (Beda) в от нас далеком веке
Пивной заводик новый учредил.
Искрятся золотом столетий пива реки,
Которые народ монашеский весьма охотно пил!

⁴¹ Мулен Л. Повседневная жизнь средневековых монахов Западной Европы (X–XV вв.). С. 22.

Напиток этот в солнечном Египте
Неведомый нам гений открывал
И может о далеком сём реликте
Монах безвестный где-то услышал.

Ведь точно также, говорят адепты,
Монах германский – имя Теофил, –
Стекла цветного сложные рецепты
В далекой Византии изучил.

Его труды напрасно не пропали –
Свой опыт он прекрасно описал.
А по нему потомки воссоздали
То, что когда-то кто-то потерял.

Известно, что во всех частях планеты
Напиток этот солнечный живет.
Раскрыв средневековые секреты,
Сегодня каждый пиво продает.

Но только там, где любят человека,
Состав природный неизменно чтят,
Где тянутся традиции от века,
Новации алмазами блестят!⁴²

Монастырские «фабрики» служили не только для производства конкретных изделий, но и для обучения, а также экспериментирования в целях приспособления заимствованной технологии, ее доработки для местных условий. Например, монах по имени Теофил работал над усовершенствованием стекольного дела и был послан бенедиктинцами учиться в Византию. Он до тонкостей изучил производство и многочисленные применения стекольных изделий, а результаты собранного опыта описал в труде, который стал пособием для обучения в монастыре святого Пантелемона. Эти инструкции были настолько практически воспроизводимыми, что столетие спустя бенедиктинский монах из монастыря Хельмерсхаузена в Германии по имени Рогкерус смог на их основе восстановить описанную Теофилом технику⁴³.

Монастыри были действительными пунктами технологического трансферта, внедрения и передачи технологий. Например, отливка колоколов, которая была первоначально прерогативой мо-

⁴² В.Г. Горохов 9.04.2011, Zwiefalten, Германия.

⁴³ *Pothoff O.D.* Kulturgeschichte des deutschen Handwerks mit besonderer Berücksichtigung seiner Blütezeit. Hamburg, 1938.

настырей, позднее переходит в ведение городского самоуправления в качестве особой гильдии, ремесленного цеха. Средневековые монахи «не только построили соборы и теологические системы, но и улицы и мосты, не только несли в народ образование и мораль, но и корчевали леса и осушали болота, не только создавали все еще сегодня цветущие виноградники и “сады” в самом прекрасном смысле этого слова <...> но также оставили отлично развитые во времена высокого средневековья методы выращивания виноградников и виноделия»⁴⁴.

Технологический трансфер и обмен техническим опытом требовали и рационального описания различных технологий. По словам Макса Вебера, средневековые монахи были первыми людьми, ведущими рациональный образ жизни.

В Средние века реабилитация практической работы как формы служения Богу привела к тому, что в одном ряду с так называемыми свободными искусствами и науками равное положение завоевала ремесленная техника, которая стала рассматриваться как существенная составная часть человеческой деятельности, что соответствовало высокому статусу ремесленного производства в средневековой городской культуре. Да и весь мир стал часто представляться «огромной, охватывающей весь мир фабрикой», а сам человек в этом созданном Господом строении, как венец творения и в то же время как «преобразующее и созидующее существо», – «творец наряду с Богом и Природой»⁴⁵. Именно в Средние века техническая деятельность приобретает форму социальной организации, а именно цеховой организации.

Цехи возникли в Европе в X–XII вв. и 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 статутів строго выполнялись. Обычно статут начинался примерно так: тот, кто знает ремесло, может стать мастером с условием, чтобы он работал согласно обычаям и установлениям цеха. Условия вступления в цех были жестко социально регламентированы: был необходим денежный

⁴⁴ *Borst O. Alltagsleben in Mittelalter. Frankfurt a/M., 1983. S. 170.*

⁴⁵ *Ле Гофф Ж. Интеллектуалы в средние века. Долгопрудный, 1997.*

и натуральный 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 инструмент⁴⁶. 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.

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 следует подходить исторически. В момент своего зарождения цехи были прогрессивны. Цех формировался как корпорация свободных ремесленников, занимающихся одним и тем же ремеслом. Цехи возникают тогда, когда ремесленное производство преимущественно перемещается в города и осуществляется свободными ремесленниками. Однако постепенно цехи становятся тормозом в развитии технической деятельности.

Хотя к концу средневековья возникает множество разнообразных ремесленных цехов в соответствии с видами производств и даже разделением труда⁴⁷, в них по-прежнему господствует дух традиционализма, цехового консерватизма. Работая так, как его отцы и деды, пользуясь полученными от них сведениями и опытом, ремесленник 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. Но были у средневековых ремесленников и качества, которых часто недостает современному инженеру, технику, предпринимателю, – озабоченность

⁴⁶ Социальная история средневековья. Т. 2: Позднее средневековье. М., 1927. С. 393.

⁴⁷ Например, сбыт продукции и закупка сырья постепенно выделяются в отдельные цехи, цех ножовщиков распадается на изготовителей лезвий и черенков ножей, кожевенный – на сапожный, ременный, сумочный и т. д.

нуждами потребителя, ориентация не на абстрактного, усредненного, а на конкретного потребителя, стремление держать высокую марку цеха.

Это не значит, что изобретений тогда вообще не было, но они чаще всего приходили через передачу технологии из других земель или из прошлого. «Правильно подчеркивалось, что введенные нововведения в сфере аграрной или военной техники основывались не на изобретениях, а на перенятии из чужих культур и, прежде всего, из Китая, т. е. на путях технологического трансферта и имитации с целью применения»⁴⁸. Изобретения одеваются в одежду улучшений в процессе применения. В конце Средних веков цеховая организация промышленности приходит в противоречие с новыми потребностями производства, рассчитанными на широкий рынок.

Средневековая культура была в своей основе канонической в отличие от стилевой черты современного мышления и культуры, которую можно охарактеризовать как проектность. Современная культура, начиная с эпохи Возрождения, проектна, поскольку ориентирована на создание нового, на научно-технический прогресс. Древние культуры были каноническими, ориентированными на освященную веками традицию, основанную на священном тексте. Эта особенность прослеживается в средневековой культуре как в науке, так и в ремесленной технике.

Первым основанием средневековой науки была ссылка на авторитет. Одним из таких непререкаемых авторитетов (не считая, конечно, авторитета Священного Писания), рассуждения которого не подвергались сомнению, был Аристотель. Новая наука – экспериментальное естествознание – подвергло отрицанию этот принцип. Еще Роджер Бэкон ратовал за опыт как основание подлинного научного доказательства и выступал против «авторитета». Галилей опровергал средневековый принцип авторитарности весьма оригинальным способом – ссылкой на авторитет, сказав, что сам Аристотель научил его удовлетворять свой разум только собственными рассуждениями, а не авторитетом учителя. И все же этот принцип сохранился в рудиментарной форме до сих пор, поскольку и в со-

⁴⁸ Lorenz S. Technik und Gesellschaft im Mittelalter. In: Technik und Kultur (Serie: Technik und Kultur. Bd. 10). Düsseldorf, 1993. S. 79.

временной науке ссылка на авторитеты играет важную роль, но при этом не является больше единственным и безусловным доказательством правоты, как в Средние века.

Тот же феномен каноничности легко обнаружить и в средневековой ремесленной технике. Например, образцовый продукт, который должен был выполнить вступающий в разряд мастеров, должен был отвечать четко определенным требованиям и качествам. Он должен был быть не хуже, но и не лучше предписанного канонного образца: не хуже – т. к. в противном случае он оказывался не в состоянии создать продукт, удовлетворяющий требованиям потребителя, и не лучше – поскольку лучший продукт вносит нежелательную конкуренцию в цеховую организацию. В этом смысле любые не зафиксированные в каноне новшества и изобретения были нежелательными и даже вредными, нарушающими привилегии цехов. Цехи выдвигали запреты на пользование изделиями, полученными с помощью такого рода изобретений, на рекламу товаров и продажу их по более низким ценам, чем это установлено цеховыми статутами. Изобретения воспринимались как нечто отвратительное. В акте Кельнского городского совета (1412) записано: «Да будет известно <...> что к нам явился Вальтер Кизингер, предлагавший построить колесо для прядения 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»⁴⁹. Изобретения одеваются в одежду улучшений в процессе применения. В конце Средних веков цеховая организация промышленности приходит в противоречие с новыми потребностями производства, рассчитанными на широкий рынок. На сцену выходит новая «проектная» культура, хотя, конечно, и канонической средневековой культуре содержалась скрытая функция проектности, позволившая перерасти ей в современную культуру. Эту зарождающуюся в недрах средневековой культуры функцию проектности, как в науке, так и в технике, мы постараемся выявить в данном параграфе.

Иногда средневековую технику характеризуют как отступление в поступательном движении технического прогресса, приводя в качестве примера утрату многих технических достижений антич-

⁴⁹ Социальная история средневековья. Т. 2: Позднее средневековье. М.; Л., 1927.

ной техники. Однако такая утрата зачастую была связана с изменением условий и интересов. Например, выпуклые греческие и римские монеты были заменены на плоские скорее всего не потому, что была утрачена технология их изготовления, а из-за неудобства складывания их одну на другую для торговцев и менял, а римская мельница, приводимая в движение силой животных, – из-за уничтожения соломы, необходимой для средневекового скотоводства⁵⁰. И все же, чтобы понять, каким образом возникла проектная культура, приведшая к необычайному научно-техническому развитию, важно выявить те ростки нового миропонимания и изменения ценностных ориентаций, которые происходили в период раннего средневековья.

Это прежде всего относится к изменению отношения к ручному человеческому труду. Тяжелый ручной труд в античности приравнивался к труду несвободному, т. е. к рабскому труду и считался недостойным свободного человека. Несколько иное отношение к ручному труду развивается в период европейского средневековья, во-первых, под влиянием иудейско-христианского наследия и, во-вторых, под влиянием развившегося тогда монашества. Одна из заповедей в Ветхом Завете гласит, что работа в течение шести дней, как и отдых на седьмой день, являются религиозной обязанностью. Многие раввины были сапожниками, портными, плотниками, да и апостолы, например Павел, добывали себе на пропитание ремеслом: «И по одинаковости ремесла, остался и работал: ибо ремеслом их было делание палаток» (*Деяния святых апостолов*, 18, 3). И все же отношение к ручному труду оставалось двойственным, в особенности с развитием рыцарской культуры. Перелом в отношении и оценке ручного труда наступает с повсеместным распространением монашества, возникшего как стремление вернуть чистоту и простоту старой церкви. *Ручная работа* стала осознаваться не только как средство получения хозяйственных результатов или даже не как служащая умерщвлению плоти, но прежде всего *стала формой службы Господу*, молитвы, радостной жертвы. Прикосновение святых, монахов к грязной ручной работе одухотворяло, очищало ее. Уважение к работающему монаху изменяло и ценностные ориентации по отношению к повседневно-

⁵⁰ White L. Was beschleunigte den technischen Fortschritt im westlichen Mittelalter? // Technikgeschichte. 1965. Bd. 32. Nr. 3. S. 201–205.

му труду крестьянина и ремесленника в средневековом обществе. А изменение отношения к ручному труду меняло и установку в западноевропейском средневековье с созерцательно-теоретической (оставшейся характерной для восточного христианства) на деятельностно-практическую⁵¹.

Это изменение отношения к ручному труду имело следствием, во-первых, изменение отношения к облегчению тяжелой и однообразной работы человека (недостойной для служителя Бога) за счет использования природных сил (такая идея облегчения труда рабам не могла возникнуть в античном обществе) и, во-вторых, внедрению деятельностно-практической установки в сферу интеллектуальной деятельности, поскольку монахи были первыми интеллектуалами, которые не боялись испачкать руки ручной работой. Это имело следствием как создание возможностей и предпосылок для совершенствования техники, ставшее характерной чертой эпохи Возрождения, так и для развития идеологии экспериментального естествознания в науке Нового времени. Эти черты появляются пока еще только как тенденция, сами нововведения прячутся под одеждой улучшений в процессе приспособления к новым условиям технических заимствований (своеобразной передачи технологии) из других регионов и культур. В сущности, любое изобретение и открытие и в наше время никогда не бывает совершенно новым, но неизбежно или уходит корнями в забытое прошлое или заимствуется из других областей науки и техники. Только мы выпячиваем на первое место новизну изобретенного и открытого, а средневековые ученые и ремесленники ссылались в первую очередь на преемственность и авторитет.

Чтобы обеспечить распространение своего нововведения средневековые изобретатели часто скрывали свое авторство, приписывая его какому-либо авторитету. Общество и не заботилось о сохранении памяти о них. Наконец, многое объясняется особенностями личности средневекового ремесленника, который не отграничивал себя от монастыря, цеха, корпорации. Стремясь

⁵¹ *White L.* Was beschleunigte den technischen Fortschritt im westlichen Mittelalter? S. 214–219; *Borst O.* Alltagsleben in Mittelalter. Frankfurt a/M., 1983. S. 336–387; *Le Goff J.* Für ein anderes Mittelalter. Zeit, Arbeit und Kultur im Europa des 5.–15. Jahrhunderts. Frankfurt a/M., 1984. S. 56–76. См. также: *Киселева Л.И.* О чем рассказывают средневековые рукописи. Л., 1978.

улучшить сделанное, он не осознавал, что творит новое. Однако и сами изобретения вольно или невольно для их многочисленных анонимных изобретателей кардинально меняли социально-культурную обстановку.

К таким изобретениям принадлежали, например, введение трехпольной системы земледелия при использовании тяжелого плуга и военная реформа, основанная на усовершенствовании рыцарского вооружения. И то и другое потребовало изменения социальной структуры общественного устройства. Тяжелый плуг с отвалом на почвах северной части Западной Европы потребовал упряжки из восьми волов (на юге требовалось только три), а позднее нескольких лошадей. Это имело следствием необходимость объединения крестьянских семей в общины (марки), экономию рабочей силы, появление излишков питания, высвобождение досуга у крестьян для занятия ремеслом, возможность их переселения в города, поскольку на лошади можно было добираться на сравнительно отдаленные от места жительства расстояния. Заимствование стремени, изобретенного китайцами, и усовершенствование его для более устойчивого положения всадника при ведении боя привело к увеличению силы удара копьем, который более не был лишь ударом одних мускулов руки рыцаря, а складывался с силой всего тела всадника и его лошади. Это потребовало более прочных и тяжелых доспехов для всадника и даже для лошади, а как средство борьбы с ними – арбалета. Такое вооружение рыцаря уже требовало больших финансовых затрат. Поэтому военная реформа Карла Великого оказалась стимулом для социальной реформы – раздела земли на лены, принадлежащие отдельным рыцарям и обеспечивающие их содержание и приобретение вооружения и коня. Таким образом, такое незначительное техническое новшество, как заимствование и усовершенствование европейцами в VIII в. н. э. стремян, которые не были известны не только на Ближнем Востоке, но и грекам и римлянам, объединивших воина и коня, подобно мифологическому кентавру, в боевую единицу, привело к огромным социально-экономическим изменениям средневекового общества и сделало рыцарей господами Европы⁵².

⁵² *White L.* Was beschleunigte den technischen Fortschritt im westlichen Mittelalter? S. 206–208; *White L.* Die mittelalterliche Technik und der Wandel der Gesellschaft. München, 1968. S. 20–70.

Именно в Средние века в Западной Европе произошел важный мировоззренческий сдвиг – человек осознал себя противостоящим природе, ее господином, который эксплуатирует природу для человеческих целей. Из этого мировоззренческого сдвига выросла практическая идея замены человеческой работы промышленным использованием природных сил. Машины-игрушки эпохи эллинизма (например, ветряная мельница, паровая турбина и многочисленные игрушки-автоматы Герона Александрийского) не оказали серьезного влияния на тогдашнее техническое развитие. В западноевропейском средневековье же потребность в различных ветряных, водяных мельницах для выполнения самых разнообразных тяжелых работ (в кузнечном деле, деревообработке, текстильной и бумажной промышленности, для размельчения разных предметов от оливок до руды и т. п.) была настолько велика, что в Англии, например, текстильная промышленность переместилась с юго-востока на северо-запад, где условия эксплуатации этих мельниц были более удобными. Этот сдвиг был связан с изменением отношения к природе в новой религии. В отличие от анимизма древних религий, обожествлявших отдельные природные явления и объекты (духи деревьев, источников и т. п. находились внутри природных предметов и лишь частично были похожи на человека), культ святых обожествил человека. Культ человека-святого разрушил анимистическое отношение к природе. Слепые неодушевленные силы природы теперь противостояли человеку, а святые, как обожествленные люди и в то же время репрезентанты бога на земле, находились на его стороне. Получивший земную монополию на духовность человеческий род стал осознавать себя господином природы и обладателем права распоряжаться ей в своих собственных целях⁵³.

Первым и главным местом практического технического развития стали западноевропейские средневековые монастыри, бывшие и лабораториями технического экспериментирования⁵⁴. В качестве примера можно привести одного монаха по имени Теофил (неизвестно, был ли он греческого или германского происхождения), который работал над усовершенствованием стекольного дела в

⁵³ *White L.* Was beschleunigte den technischen Fortschritt im westlichen Mittelalter? S. 208–213.

⁵⁴ *Borst O.* Alltagsleben in Mittelalter. S. 168, 369, 375.

основанном кельнском бишофом Бруно монастыре святого Пантелеймона. Известно, что Теофил был послан бенедиктинцами учиться в Византию, где был поражен мозаикой на окнах Софийского собора в Константинополе, а позже, возможно, в Италию. Он до тонкостей решил не только теоретически изучить производство и многочисленные применения стекольных изделий, но все увидеть своими глазами. Результатом собранного им опыта явился труд, который стал пособием для обучения учеников всем профессиональным тайнам этого ремесла⁵⁵.

В первую очередь Теофил описывает стекольное производство начиная с постройки печей, и так наглядно, что по его описанию можно строить такие печи. Он приводит точные объемы золы и песка, необходимых для производства разного рода стекла, и их пропорции для получения шафранно-желтого и рубинового стекла. Производство оконного стекла занимает у него особое место, поскольку он было в те времена почти сакральным делом, формой служения Богу – цветное стекло применялось почти исключительно для церквей и монастырей. Поэтому Теофил особенно тщательно рассматривает технологию создания церковных окон: как делать эскиз рисунка, как переносить его на стеклянную пластину, как обводить его контуры, как центрировать рисунок, как распределять свет и тени, изготавливать орнамент, как развальцовывать и «утюжить» стекло, вставлять изделия в печь для обжига и, наконец, как изготавливать литые формы из железа для оконных рам. Он учит далее своих учеников и тому, как практически собирать и запаивать окна, а также украшать цветное стекло драгоценными камнями. Интересно отметить также, что обучая технике стеклодува, он упоминает наряду с другими стеклянными емкостями также «бутылочки с длинным горлышком». Читая егоopus о «греческом стекле», которым украшается мозаика, можно только поражаться, насколько хорошо этот монах разбирается в тонкостях его изготовления: «Они (греки) подготавливают также по способу производства оконного стекла золотые пластины из белого светлого стекла в палец толщиной, расщепляют его с помощью раскаленного железа на небольшие кубики, покрывают их с одной стороны листовым золотом, наносят на <...> очень светлое цветное стекло,

⁵⁵ *Pothoff O.D.* Kulturgeschichte des deutschen Handwerks mit besonderer Berücksichtigung seiner Blütezeit. Hamburg, 1938. S. 38.

кладут эти кубики все вместе на покрытый слоем извести и золы железный протвиль <...> и обжигают их <...> в печи для изготовления оконного стекла. Такое стекло, вставленное в мозаику, очень ее украшает»⁵⁶. Этот рецепт рационален, «проектен» и потому воспроизводим. В нем уже нет ничего мистически-мифологического, хотя нет еще собственно науки, да и техническая терминология еще не совсем устоялась.

Теофил владел в совершенстве и технологией изготовления изделий из благородных металлов, прежде всего предметов христианского церковного культа. Здесь, как и везде, он показывает себя не только теоретически образованным в области металлургии техником и знатоком ремесленного искусства, но и специалистом-практиком. Очень подробно описывает он и «инструментарий» («organarium») ювелирного дела. Эти инструкции были настолько практически воспроизводимыми, что столетие спустя бенедиктинский монах из другого монастыря смог на их основе восстановить технику отливки изделий из цинка, шлифования драгоценных камней, вставления жемчужин в золотую оправу⁵⁷. Таким образом монастырские «фабрики» служили не только для производства конкретных изделий, но и для обучения, а также экспериментирования в целях приспособления заимствованной технологии, ее доработки для местных условий.

Не следует забывать решающую инновационную роль средневековых монастырей в области технологии и организации хозяйства (например, организация распределения и употребления времени является открытием монастырей). Существенным для научного и технического развития было это редкое или даже почти невозможное для античности сочетание созерцательно-теоретической и деятельно-практической составляющих общественной жизни в одном лице средневекового монаха.

Эта ориентация на опыт постепенно находит себе дорогу и в сфере философского осознания. Конечно, средневековых схоластов, как нам известно, интересовали не столько сами предметы, сколько сопоставление мнений, рассуждений об этих предметах. Однако на многочисленных диспутах об абстрактных понятиях оттачивались теоретический фундамент науки, умение превращать факты в по-

⁵⁶ Potthoff O.D. Op. cit. S. 38–39.

⁵⁷ Ibid. S. 39.

нения, логически строго рассуждать, исходя из немногих общих положений. Кроме того уже Альберт Великий, Фома Аквинский, Роджер Бэкон, Вильям Оккам в качестве источника познания объявили вещи, предметы, объекты. Наиболее рельефно эта ориентация на опыт получила выражение у Роджера Бэкона: «Имеются ведь два способа познания, а именно с помощью доказательства 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»⁵⁸.

Линия познания, получившая у Роджера Бэкона название опытной, или экспериментальной, идет от вещей, 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.). По его мнению, «без опыта ничего нельзя познать в достаточной мере», «доводов недостаточно, необходим опыт». Бэкон иллюстрирует это следующим примером. Если человек, который никогда не видел огня попытается рассуждать о том, что огонь сжигает и разрушает вещи, его мозг не будет удовлетворен до тех пор, пока он не сунет в огонь свою руку или не бросит туда какую-либо горючую субстанцию, чтобы проверить на опыте то, к чему привело его рассуждение. «Следовательно, все вещи должны быть проверены опытом»⁵⁹.

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 аристотелевской классификации наук, в соответствии с которой лучшей и высшей считается наименее полезная наука.

По Аристотелю, «люди оказываются более мудрыми не благодаря умению действовать, а потому, что они владеют понятием и знают причины», «руководитель мудрее ремесленника, а умозрительные (теоретические) дисциплины выше созидających», «а из наук в большей мере считается мудростью та, которая выбирается ради нее самой и в целях познания, а не из-за ее последствий».

⁵⁸ Антология мировой философии. Т. 1. М., 1969. С. 872–873.

⁵⁹ The OPUS MAJUS of Roger Bacon. Vol. II. N.Y., 1972. P. 583–584.

«В самом деле, целью теоретического знания является истина, а целью практического – дело; люди практические даже и тогда, если они рассматривают как обстоит дело, не обращают внимания на вечное, а <берут предмет> в <его> отношении к чему-нибудь в настоящий момент. Но истину мы не знаем, не зная причину. <...> Поэтому и наиболее истинным будет то, что для дальнейших вещей составляет причину истинности их»⁶⁰.

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...»⁶¹. Подобная агитация за опытную науку была следствием изменения средневекового мирозерцания, перехода от распространенного в античности идеала непосредственного созерцания истины без вмешательства в дела природы к манипулированию с природными объектами для достижения истинного знания, что в античности было просто невозможно помыслить.

Таким образом, в Средние века реабилитация практической работы как формы служения Богу привела к тому, что в одном ряду с так называемыми свободными искусствами и науками равное положение завоевала научная и ремесленная техника, которая стала рассматриваться как существенная составная часть человеческой деятельности, что соответствовало высокому статусу ремесленного производства в средневековой городской культуре. Да и весь мир стал часто представляться «огромной, охватывающей весь мир фабрикой», а сам человек в этом созданном Господом строении, как венец творения и в то же время как «преобразующее и созидующее существо», «со-творец наряду с Богом и Природой». Без этого чувства созидания нового, сформировавшегося в интеллектуальной среде XII в., невозможно были бы Возрождение⁶² и развитие современной проектной культуры вообще.

Именно в эпоху Возрождения создается новая общественная среда, до известной степени преодолевается разрыв между кабинетной ученостью и отстраненной от науки практикой. В науку

⁶⁰ *Аристотель*. Метафизика, кн. 1, гл. 1. 981a15–982a3; гл. 2, 982a4; кн. 2, гл. 1. 993b31.

⁶¹ Антология мировой философии. Т. 1. С. 877.

⁶² *Le Goff J.* Die Intellektuellen im Mittelalter. München, 1994. S. 64, 17.

приходят ремесленники, художники, инженеры, а образованные люди все более начинают интересоваться практическими вещами. Появляются инженеры-самоучки, которые на первых порах, в силу отсутствия инженерного образования, устанавливают водяные и ветряные мельницы, насосы, фонтаны, чинят механизмы и руководят созданием этих механизмов. Эти люди знали обычно арифметику и отчасти механику, умели чертить проекты и проводить элементарные вычисления. Однако постепенно они не только значительно расширяют спектр своих познаний, становясь энциклопедически развитыми учеными (или, по крайней мере, претендуя на это), но и занимают важное место в тогдашнем обществе, часто выполняя функции учителей, собирая вокруг себя учеников и даже организуя целые научно-художественно-ремесленные школы.

Первые инженеры формируются из среды ученых, обратившихся к технике, или ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке. На арену выходит фигура «инженера, техника-специалиста, одним из основных, а позднее и единственным занятием которого является выполнение различных гражданских и военных технических сооружений». 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 либо оставался старшим рабочим, либо только администратором, которому теория была не нужна; теоретик же был по большей части философствующим дилетантом»⁶³.

В средневековье изобретатели часто, чтобы обеспечить распространение своего нововведения, скрывали свое авторство или затушевывали его, приписывая какому-либо авторитету. Не случайно Полидор Вергилий в своей книге «Об изобретателях всех вещей», вышедшей в 1499 г. в Венеции, сетует, что невозможно отыскать имен для многих изобретений, в том числе артиллерийских орудий, мельниц, механических часов с боем. В эпоху Возрождения отношение к нововведениям меняется, многие известные еще в древности изобретения переоткрываются, но уже с именем. «На смену средневековой анонимности мастера приходит новое ренессансное сознание художника как творческой личности»⁶⁴.

⁶³ *Гуковский М.А.* Механика Леонардо да Винчи. М.; Л., 1947. С. 231.

⁶⁴ Эстетика ренессанса. Т. I. М., 1981. С. 539.

В эпоху Возрождения формируется новое отношение к ученому, инженеру, художнику, который занимает теперь место творца, подражающего творчеству божественного создателя самого бытия, природы («машину мироздания можно назвать великой и благородной живописью, рукою господ и природы нарисованной») и равному в искусстве самому Богу, поскольку ум «истинного художника может породить идею совершенного творения, а руки его в силах воплотить сию идею»⁶⁵. Кроме того, с помощью новых наблюдательных приборов, изобретаемых инженерами, «стало возможным применение физического экспериментального метода»⁶⁶.

⁶⁵ Эстетика ренессанса. Т. I. С. 397, 454.

⁶⁶ *Фантоли А.* Галилей: в защиту учения Коперника и достоинства святой церкви. М., 1999. С. 92.

Глава 3

Инженерия становится профессиональной деятельностью*

Быстрое развитие государственности и торговли стимулировало совершенствование военного дела, так необходимого для защиты многочисленных небольших государств, и прежде всего артиллерии и фортификации, а также строительство гидротехнических и архитектурных сооружений. Совершенствование артиллерии и фортификации было жизненно необходимо для существования и самостоятельности городов-республик Италии, поскольку от точности попадания в цель, дальности орудий и прочности крепостей часто зависела буквально их независимость. С развитием богатства этих государств росли и потребности в строительстве комфортных и красивых архитектурных сооружений, в изготовлении различных машин, большинство из которых играли роль увеличительных механизмов и автоматов.

Новые ученые-инженеры-консультанты нужны были повсеместно и высоко ценились королями, герцогами, горожанами. А для осуществления этих видов деятельности простых ремесленных навыков было уже недостаточно. Поэтому, решая технические задачи, первые инженеры и изобретатели обратились за помощью к математике и механике, из которых они черпали знания и методы проведения расчетов. Если же этих знаний не хватало, они стремились получать их сами, становясь зачастую весьма продуктивными учеными. Знание становится и осознается в качестве вполне реальной силы в тогдашнем обществе.

* Эта глава подготовлена в рамках проекта РФНФ «От технауки Галилея до нанотехнауки (философско-методологический анализ)» № 13-03-00190.

В эпоху Возрождения создается новая общественная среда – происходит формирование сословия инженеров-консультантов, свободных от ремесленной организации. Появляются инженеры-самоучки, которые на первых порах в силу отсутствия инженерного образования, устанавливают водяные и ветряные мельницы, насосы, фонтаны, чинят механизмы и руководят созданием этих механизмов (см. рис. 8). Эти люди знали обычно арифметику и отчасти механику, умели чертить проекты и проводить элементарные вычисления. Однако постепенно они не только значительно расширяют спектр своих познаний, становясь энциклопедически развитыми учеными (или, по крайней мере, претендуют на это), но и занимают важное место в тогдашнем обществе, часто выполняя функции учителей, собирая вокруг себя учеников и даже организуя целые научно-художественно-ремесленные школы.

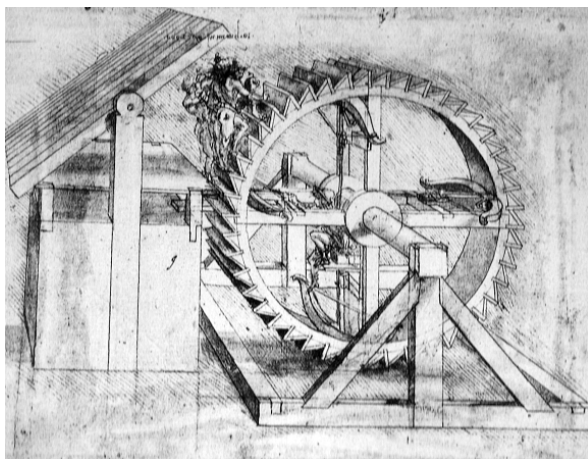


Рис. 8. Колесо для автоматической зарядки 4-х арбалетов (Леонардо да Винчи)⁶⁷

Эти инженеры проходят специальный курс обучения не только на предприятии в ходе работы или в элементарных Авасо школах. Вот что пишет один из математиков XVII в. Джон Уоллис (или Валлис – 1616–1703 – *John Wallis*): «Ибо математика в то время

⁶⁷ Pedretti C. Die Maschinen Leonardo da Vincis. Florence, 1999. P. 17.

редко рассматривалась у нас как академический предмет, а скорее как предмет механический – занятие для ремесленников, купцов, матросов, плотников, землемеров и тому подобных...»⁶⁸.

Художник-инженер-ученый превращается из рядового члена ремесленной корпорации в придворного, «князя искусств», в самоценного творца, носителя божественного таланта, владеющего даром Божиим, равного в искусстве самому Богу. Он – теперь творец, подобно божественному Творцу творящий само бытие. Это выражается и в его одежде и в поведении, что наглядно видно из собрания гравюр, на которых изображены цеховые мастера⁶⁹. Инженер и руководитель строительства действительно выглядят как «князя искусств» по сравнению с другими цеховыми мастерами. Это выразилось и в самосознании данного социального слоя. Дюрер, например, первым начал подписывать не только картины и гравюры, но и рисунки, считая, что легкий рисунок великого мастера ценится выше кропотливой работы ремесленника.

Для художников-инженеров-ученых эпохи Возрождения характерно стремление не канонизировать недостижимые образцы, как это было в Средние века, не делать их достижением узкого круга мастеров данного ремесленного (в том числе и ученого) 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 открытия и изобретения могут прославить. Это уже не нечто экстраординарное в культуре Возрождения, созданное лишь для демонстрации силы науки. Теперь архимедовы хитрые машины стали создаваться многими и повсеместно. Им не просто удивляются, они теперь нужны, труд по их созданию оплачивается и есть их многочисленные заказчики и потребители.

Но практика, по словам Леонардо, «всегда должна быть построена на хорошей теории», а ошибочная теория «неизбежно приводила к порочной технике, ошибки последней больно отражались на ошибающемся <...> Отстать в военном деле, а следовательно, в его технике, означало потерять право на существование»⁷⁰. Стало быть, и теория становится нужна и по-

⁶⁸ *Полунов Ю.Л.* Сэмюэл Морленд. М., 1982. С. 11.

⁶⁹ *Weigel Ch.* Die Bauleute. München, 1963.

⁷⁰ *Гуковский М.А.* Механика Леонардо да Винчи. С. 224.

лезна. Чертежи и описания, пометки на рисунках – та зримая идеальная реальность, в которой разворачивается и актуализируется мышление Леонардо. У него еще нет строгой понятийной системы, характерной для естествознания Нового времени, но логика предмета заставляет его переосмысливать слова обыденного языка, вкладывать в них новый научно-технический смысл. С развитием научного и технического образования возникает и новая научная и техническая литература.

Кроме мастеров-ремесленников, которые были практиками без специального образования, появляются мастера-инженеры, которые наряду с врачами, юристами, учителями образуют особую профессию, выходящую за пределы традиционной цеховой организации.

Однако кроме мастеров-практиков, работавших в мастерских над изготовлением различных машин и орудий, шлифовкой стекол и зеркал, различных математических инструментов, и военных инженеров в области фортификации и артиллерии, появляются тогда ученые-инженеры, выполнявшие роль консультантов при дворах королей, герцогов и т. д. и осуществлявших оценку техники. В их задачу, в частности, входило определить, является представленная модель какой-либо машины выполнимой и полезной, стоит ли она тех затрат, которые на нее запрашивает изобретатель, а также дать обоснование и объяснение принятого положительного или отрицательного решения и т. п. Именно такую деятельность осуществлял Галилей при дворе Великого герцога Тосканского. Кроме того, он не только изготовил телескоп для наблюдения небесных тел, но и предложил свою конструкцию телескопа и бинокля для военно-инженерных измерений различных дистанций. Все это сделало его наиболее известным экспертом в области оптики и оценки качества линз (которые изготавливались особым образом и из специальных кристаллов) для оптических инструментов.

Открытие спутников Юпитера с помощью телескопа не только навело Галилея на мысль, что это – модель нашей Солнечной системы, но и на то, что эти знания важны для практического использования в навигации. «Когда Галилей впервые их открыл, он завел оживленную переписку с правительствами Испании и Голландии, предлагая использовать затмения этих спутников для определения географических долгот. <...> Так как затмения спутников, проис-

ходящие очень часто, одновременно видны на целом полушарии Земли, то, вычисляя момент их наступления наперед по какому-нибудь, например, Гринвичскому, времени, можно будет, как думал Галилей, определять долготу на море. Неудовлетворительное состояние методов определения долготы было подлинным бичем тогдашнего мореплавания <...> Выяснилось, однако, что движение спутников вокруг Юпитера далеко не так просто, как предполагал Галилей, и вычислять моменты их затмений заранее с требуемой точностью было невозможно...»⁷¹.

В своей домашней мастерской Галилей наладил систематическое производство военных компасов различного рода (размеров, материала, функций), а также разного рода железных орудий и их составных частей (например, винтов, крепежных деталей и т. п.). Но это не было чисто коммерческой деятельностью, изолированной от его научных интересов. Они могли быть использованы только вместе со знаниями, как их использовать. Поэтому кодификация и передача таких знаний с помощью частных уроков была главной деятельностью Галилеева предприятия.

Практика конструирования, создания и использования «математических инструментов» и машин требует развития новой науки – кодификации технических знаний и развития технической теории. Так наряду с мастерами-инженерами появились ученые-инженеры. Но Галилей идет дальше многих. Он создает новую эпистемологическую модель генерирования естественнонаучных знаний. Наряду с инженерной деятельностью он преподает математику в Падуанском университете и развивает основы естественнонаучной теории. Однако технические знания, например в области артиллерии, становятся основой новой науки о движении, формулировки общего закона свободного падения тел. В отличие от схоластической точки зрения, согласно которой законы природы и законы механики принадлежат различным реальностям, и мнения многих тогдашних инженеров-практиков, что механические искусства выше природы и помогают человеку господствовать над ней (например, изменять русла рек), Галилей считает, что законы природы и законы механики принадлежат одной и той же области. С этой позиции он критикует инженеров-практиков, стремящих-

⁷¹ Воронцов-Вельяминов Б.А. Лаплас. М., 1985. С. 62.

ся строить машины противные природе, противоречащие законам природы, «невозможные по самой своей природе», «не учитывая основы ее устройства».

Потребность в новых знаниях в области техники в это время была велика. И это касалось не только инженеров, но и торговцев, ремесленников, бомбардиров. Поэтому практической математикой начинают заниматься многие, упрощая расчеты и методы вычислений. К таким работам принадлежит книга практика-расчетчика и теоретика «новой науки» Никколо Тарталья. В середине XVI столетия с появлением тяжелой пороховой артиллерии возникает потребность и в новой науке – теоретической баллистике. Заметим, что речь в данном случае идет не о естественнонаучной, а именно технической теории, призванной объяснить и облегчить расчеты траектории полета артиллерийских снарядов и обеспечить точность их попадания в цель. Причем Тарталья, хотя и исходил из практических потребностей новой артиллерии и целей обеспечения бомбардиров средствами более простого проведения расчетов, подошел к решению этих практических задач теоретическим путем с помощью концептуального аппарата аристотелевской физики (первая глава его трактата) и включения их в математическую структуру евклидовой геометрии (вторая глава его трактата). Его утверждение, что наибольшая дальность полета снаряда достигается при наклоне орудия в 45° , было получено и доказано чисто теоретическим путем и лишь потом подтверждено опытами. Предшествующие частичные переводы его работы не давали верного представления об этом процессе, поскольку купировали те части его книги, которые не соответствовали доктрине переводчиков. Его труд, как и более поздние работы Галилея, был издан на итальянском языке, т. к. был адресован военным инженерам и бомбардирам, не знавшим латинского языка. Именно поэтому, например, Леонардо да Винчи знал опубликованные в основном на латыни научные издания только в пересказе. В отличие от Леонардо, именно концептуальный аппарат физики Аристотеля (его работы были изданы тогда на латинском языке), впрочем несколько видоизмененный под новые инженерные задачи, позволил Тарталья, как позже и Галилею, дать точное научное описание баллистики.

Тарталья вводит абстрактный объект новой теории – равно тяжелое тело, т. е. такое, которое ощутимо соответственно его тяжести и форме не влияет в процессе движения на сопротивление

воздуха. Тогда тяжесть тела определяется двумя параметрами – материалом, из которого изготовлен снаряд, и его формой. Такой наиболее оптимальной формой для снаряда он считает шар, хотя сегодня мы знаем, что современные снаряды и пули имеют иную форму. Он, видимо, исходил из аристотелевского представления о шарообразной форме как наиболее совершенной.

В первой книге Тарталья дает определения всем физическим понятиям, которые во второй книге понадобятся ему для точного описания траектории движения снаряда, выпущенного из пушки, геометрически. При этом он ориентируется на новую инженерную практику – тяжелую пороховую артиллерию и стремится дать наиболее простые средства проведения расчетов расстояний с помощью зрения, которыми должны оперировать простые бомбардиры, не имевшие инженерного и математического образования. Для этой цели он приспособливает в модифицированном виде астрономический инструмент – квадрант (*Quadratum geometricum*) и описывает его конструкцию и геометрические методы работы с ним в третьей своей книге.

Итак, Тарталья не был инженером и не имел регулярного образования. Он был самоучкой и изучил сам не только математику, но и латинский язык. Он был расчетчиком и преподавал математику (был учителем математики у Остилио Риччи, обучавшим математике Галилея). Задачей новой артиллерии становится не беспорядочное бомбардирование городов через защитную стену, а целенаправленное разрушение фортификационных сооружений. А для этого требовался расчет точного попадания в определенное место крепостной стены. Развитие металлургии в это время позволило не только создавать металлические орудия, но и металлические ядра вместо каменных. Произошли и институциональные изменения: наряду с элитарными артиллерийскими инженерами появились бомбардиры, которым также потребовалось специальное математическое образование. Именно к ним была обращена книга Тартальи.

Это было время, когда по всей Европе требуются расчетчики – люди, способные точно рассчитать не только траекторию полета снарядов и конструкцию фортификационных сооружений, но и движения планет и вес товаров. Этому были посвящены работы не только многих практических математиков, но и известных ученых.

«В XVII и XVIII столетиях Англия, обладающая наиболее мощным флотом, усиленно захватывавшая новые колонии за океанами, терпела большие убытки от несовершенства морских методов определения долгот». Английское правительство объявило денежные премии за способ улучшения определения долготы. Многие ведущие астрономы включились в решение этой задачи. Для этого нужно было дать новое объяснение движения Луны. «В третьем томе “Небесной механики” Лаплас дал полное и совершенно новое изложение теории Луны, пользуясь которым Бюрг (в Вене), а затем и Буркгардт (немец, поселившийся в Париже) составили и издали новые таблицы движения Луны. Эти таблицы вытеснили менее точные таблицы Майера и надолго стали надежным пособием для отважных мореплавателей и исследователей новооткрытых стран. <...> Лаплас действительно интересовался практическим применением своих теорий. Многие из вычислений он проводил лично, по поводу других вел оживленную переписку»⁷².

Тарталья закончил элементарную школу «*abacus school*» («школа практических вычислений») для обучения чтению, письму, практической арифметике, алгебре и геометрии детей купцов и ремесленников, а потом и преподавал в ней. Под абакон понимали арифметические вычисления на основе позиционной системы счисления, т. е. практический счет. В основе лежал «Трактат по арифметике» Леонардо Пизанского (Фибоначчи). Многие математики были озабочены проблемой упрощения и «автоматизации» практических расчетов, как, например, Джон Непер – шотландский математик и изобретатель логарифмов, служивших именно этой цели⁷³. Важную роль как в повседневной жизни, так и в науке начинают играть точные измерения веса, температуры, расстояния и времени. Для решения этих практических задач создаются новые математические инструменты: квадрант используется для визуального измерения расстояний, точные маятниковые часы появляются позже, но первыми становятся весы, важные не только для измерения веса. Галилей использует их, например, для измерения време-

⁷² Воронцов-Вельяминов Б.А. Лаплас. С. 63–66.

⁷³ Были у Непера и другие изобретения. Например, он получил королевскую привилегию на изготовление, установку и эксплуатацию гидравлического винта на откачку воды из затопленных шахт. См.: Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. Джон Непер. М., 1980. С. 64–65.

ни. Для анализа времени движения шара по наклонной плоскости он использует собственный пульс и водяные часы, которые, однако, были неточны и несовершенны. Для более точного измерения он прибегает к остроумному решению, измеряя вес разных объемов воды, собранной в различных местах наклонной плоскости, по которой катится бронзовый шар. В дне сосуда с водой проделывалось отверстие, через которое вытекала тонкая струя, собиравшаяся в малом сосуде, который предварительно взвешивался, а промежуток времени измерялся, по приращению веса сосуда. Точность измерения веса была тогда выше, чем измерение времени с помощью часов.

Фрагментарные знания архимедовой механики понимались через контекст концептуальных структур аристотелевской физики. Начиная с XIII в. наука о весе становится самостоятельной дисциплиной. Одно из центральных мест в ней занимает проблема равновесия весов. Проблеме точного измерения веса тел уделяет много места Никколо Тарталья, Джамбатиста Бенедетти и Гвидобальдо дель Монте. Гвидобальдо дель Монте (1545–1607), итальянский математик, механик, астроном и философ, был другом и покровителем Галилея. О жизни Иордана Неморария почти ничего неизвестно, кроме того, что он был математиком и механиком и жил и творил в XIII в. Ему приписывается целый ряд трудов, посвященных науке о весе. Его трактат «Об элементах арифметического искусства» был одним из самых распространенных в Западной Европе учебников по практической математике. В трактате Тарталья «О тяжестях» рассматривается равновесие грузов на рычаге и на наклонной плоскости и вводится понятие «тяжести по положению» груза, «которая принимает различные значения в зависимости от его места на плече рычага»⁷⁴. Тарталья также использует понятие «тяжести по положению», рассматривая два тяжелых тела на наклонной плоскости, одно из которых падает вниз по высоте наклонной плоскости, увлекая вверх по ней связанное с ним другое равно тяжелое тело. При этом сравниваются две наклонные плоскости равной высоты, но с различным углом наклона. Этот мысленный эксперимент использует позже и Галилей. Тем самым становится очевидной связь науки Нового времени с рассуждениями средневековых ученых.

⁷⁴ Григорьян А.Т. Механика от античности до наших дней. М., 1971. С. 59.

Тарталья опирается также на это понятие при доказательстве закона рычага. Вообще говоря, творцы новой науки не очень-то заботились о ссылках на предшественников, поэтому можно лишь реконструировать их влияния, анализируя и сопоставляя тексты. Однако Галилей вместо понятия «тяжести по положению» использует понятие момента, введенное Гвидобальдо дель Монтэ, но придает ему новое значение. Имел место также интенсивный обмен письмами между этими двумя учеными по поводу учения Архимеда о центре тяжести. Таким образом обсуждение практических проблем часто перерастает в теоретическую дискуссию, в ходе которой и рождается новая наука.

В результате проведенного методологического анализа Юрген Ренн и Петер Дамеров вычлениают два типа знаний, характерных для рассматриваемого времени: «интуитивная физика и практическое механическое знание», из взаимодействия которых и рождается новая наука как синтез этих двух типов знаний. В своих заключительных замечаниях Юрген Ренн и Петер Дамеров отмечают, что Галилей комбинирует в своей собственной работе результаты Гвидобальдо дель Монтэ и Джамбатиста Бенедетти, но нигде не ссылается на последнего. «Тот факт, что Галилей должным образом не ссылается на источники, не упоминая имени Бенедетти в своих трудах, является характерным для этого времени жесткой конкуренции, свойственной ученым, а также кумулятивного успеха, который, однако, никогда полностью не достигим». Поэтому для философа и историка науки важны дискуссии между учеными, зафиксированные в их переписке, поскольку другого способа оперативного обмена мнениями в науке тогда еще не существовало⁷⁵.

Особый интерес представляют способ и принципы построения новой, по сути дела технической теории, поскольку она в известном смысле стала образцом для последующих технических и естественнонаучных теоретических построений в том числе и у Галилея. Тарталья, например, как и другие механики того времени, исходит из концептуальных схем «Физики» Аристотеля, затем переходит к построениям с помощью геометрии Евклида и заканчивает обращением к инженерной практике. Сам он следующим

⁷⁵ Renn J., Damerow P. The equilibrium controversy: Guidobaldo del Monte's critical notes on the mechanics of Jordanus and Benedetti and their historical and conceptual background. B., 2012. S. 261.

образом характеризует новую науку: «...часть этой науки выведена из геометрии и часть из естественной философии; часть ее выводов продемонстрирована геометрически, а часть – проверена физически, т. е. через природу»⁷⁶. Речь, правда, в данном случае идет не о баллистике, а о науке о весе, но методология здесь тоже самая. Таким образом техническая теория предшествует возникновению естественнонаучной теории, но строится она, хотя, несомненно с учетом практических достижений, исходя из теоретических положений аристотелевской физики и евклидовой геометрии.

Галилей был творцом нового экспериментального математизированного естествознания, но его новая наука была именно технонаукой, одновременно ориентированной и на познание природы и на создание новых технических устройств. В технонауке, с одной стороны, как в классическом естествознании, на основе математических представлений и экспериментальных данных строятся объяснительные схемы природных явлений и формулируются предсказания хода определенного типа естественных процессов, а с другой стороны, как в технических науках, конструируются не только проекты новых экспериментальных ситуаций, но и структурные схемы новых, неизвестных в природе и технике систем. Важно, однако, не только сделать открытие и изобретение, не только закрепить приоритет и запатентовать, но в первую очередь сделать их достоянием общества через образование соответствующих хозяйственных структур, в особенности, когда достоянием рынка становятся не только готовые продукты, но и знание, ноу-хау. Как ни странно, именно этим занимался и Галилей у истоков современного естествознания и научной техники.

Галилей сделал решающий шаг в ревизии аристотелевской физики. Но сама аристотелевская категориальная сетка осталась не только в Галилеевой технонауке, но даже и в современной нанотехнонауке. Интересно, что эта же концептуальная сетка была положена Никколо Тарталья в основу по сути дела новой технической теории, которая таким образом предшествовала технонауке Галилея и, вопреки распространенному мнению, и естественно на-

⁷⁶ *Tartaglia N.* Various Questions and Inventions of Niccolo Tartaglia of Brescia. Venetia, 1546. English translation by Stillman Drake // *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo* / S. Drake and I.E. Drabkin (eds). Madison (Wisc.), 1969. P. 98.

учной теории. Причем у Тарталья речь идет именно о построении технической теории, а не просто аккумуляции данных инженерной практики. Строго говоря, он не был практиком в области пороховой артиллерии, а исходил из общих теоретических положений для решения поставленной инженерами-практиками и бомбардирами задачи – как рассчитать угол наклона орудия для получения наибольшей дальности полета снаряда.

Вроде бы Тарталья стремиться решать техническую задачу, но для ее решения прибегает к физике Аристотеля и геометрии Евклида. «Я никогда не имел дело с артиллерией, – пишет Тарталья, – тем не менее с помощью природных и геометрических аргументов» я доказал свою правоту. «Я нашел новый метод измерения за короткое время, легко понятный каждому, дистанции»⁷⁷. Эти аргументы были очень важны для эффективного ведения военных действий, т. к. метод не требовал слишком сложной научной подготовки рядовых бомбардиров и вычисления могли быть осуществлены быстро. Кроме того, пишет он далее, «для решения этой задачи необходим инструмент, изготовленный из твердого дерева или металла – квадрант, используемый астрономами». То есть речь шла о приборе, как мы сказали бы сейчас, «двойного назначения». Прибор, созданный в лоне фундаментальных исследований для понимания устройства природы, использовался с некоторой модификацией для практических целей. Квадрант не был плодом изобретения Тарталья. Этот математический инструмент принадлежит к категории измерительных инструментов, чье возникновение относится к весьма отдаленному времени в истории. Как утверждает сам Тарталья, это был инструмент, который уже долгое время использовался, например, в астрономии для измерения возвышения звезд над линией горизонта. И хотя, как отмечает сам Тарталья, он не был экспертом в военной области, после некоторых вычислений он установил, что такое действие обеспечивает угол наклона в 45° по отношению к горизонту. (Инженеры-практики, впрочем, не вполне доверяли теоретическим аргументам. Они действовали на основе практически накопленного опыта, считая, что максимальный наклон орудия обеспечивает и максимальную дальность выстрела. Поэтому были проведены эксперименты, которые доказали правоту Тарталья.) Чтобы повысить эффектив-

⁷⁷ *Valleriani M. Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. P. 5.*

ность артиллерии, требовалось постоянно совершенствовать не только сами орудия, но и способы расчета траектории движения снарядов, чтобы увеличить точность попадания в цель⁷⁸. Этому и должна была служить новая наука Тартальи.

Особый интерес представляет способ и принципы построения новой, по сути дела, технической теории, поскольку она в известном смысле стала образцом для последующих технических и естественнонаучных теоретических построений в том числе и у Галилея.

Первая техническая литература, которая появляется в эпоху Возрождения, включает в себя прежде всего различные энциклопедии технических знаний. Иной тип технической литературы, претендовавший на развитие «технической теории», основывался не столько на обобщении технической практики или описании технических рецептов, сколько на предписании ей определенных эпистемологических идеалов. Именно к такому типу технической литературы относится книга Тартальи. Обращение к физическим представлениям аристотелевской физики становится необходимым для теоретического описания практики баллистики, поскольку без этого описание может быть рациональным, но не может быть научным. В своей первой книге Тарталья дает определения понятиям, которые необходимы во второй его книге, чтобы как можно более точно описывать траекторию движения снаряда. Он, конечно, модифицирует некоторые понятия физики Аристотеля под потребности баллистики, но основные ориентиры задает именно ее концептуальный аппарат. Геометрия Евклида для Тартальи – это не столько математический аппарат, сколько физическая онтология, в которой разворачивается физический процесс движения снаряда. Именно так, как физическую теорию, характеризует евклидову геометрию значительно позже известный немецкий математик Давид Гильберт. Математический же аппарат – это алгебраический и арифметический расчет траектории движения снаряда. Но геометрия Евклида для Тартальи – одновременно и образец аксиоматического построения теории баллистики. Он пытается достичь наиболее возможной абстракции, дистанцируясь по возможности от практических про-

⁷⁸ Интересно, что капитан артиллерии из Франкфурта, некто Даниэль Ерлих, который не исходил вообще из каких-либо теоретических посылок, определил в одном из своих писаний, что такой угол наклона должен быть не 45° , а около 42° (см.: *Schneider I. Die mathematischen Praktiker im See-, Vermessungs- and Wehrwesen vom 15. bis 19. Jahrhundert // Technikgeschichte. 1970. Bd. 37. Nr. 3. S. 221*).

блем, возникающих перед артиллерийскими инженерами и бомбардирами, чтобы построить точную науку, основанную на модели евклидовой геометрии. Но в этом своем стремлении он не всегда добивается полного успеха, и поэтому часто опирается на так называемые «естественные аргументы» (т. е. выводы, сделанные на основе наблюдения и опыта), которые, по его же собственному свидетельству, недопустимы на чисто геометрическом уровне. Однако именно такая гибридная природа вводимых им понятий и делаемых им утверждений становится основой будущей технической и естественнонаучной теории. Это позволяет переходить от одного описания к другому и оперировать природными объектами, с одной стороны, технически как искусственными образованиями, а с другой, как математическими схемами.

Об этом прекрасно написано в предисловии к публикации книги Тарталья «Новая наука» на английском языке Маттео Вальериани: «Квадрант является эпистемологическим инструментом, который инициирует процесс теоретической абстракции, завершающийся формулировкой вопросов для бомбардиров. Благодаря этому инструменту бомбардир способен описать свою деятельность понятным образом тем, кто не знаком с его работой, но кто владеет необходимыми математическими познаниями в области евклидовой геометрии или же физическими знаниями аристотелевской динамики. Квадрант, таким образом представляет собой не только связующее звено между теорией и практикой в период следующий за публикацией книги Тарталья “Новая наука”, но и средством, с помощью которого возможен переход от простого опыта к рождению нового теоретического предмета»⁷⁹.

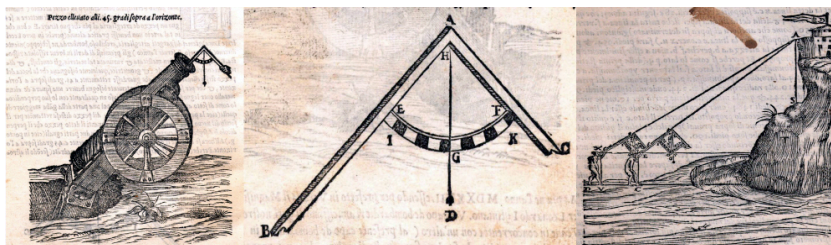


Рис. 9. Квадрант⁸⁰

⁷⁹ Valleriani M. Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. P. 43–44.

⁸⁰ Ibid. P. 67, 69, 27.

Таким образом, по сути дела философская концепция Аристотеля, специфицированная учеными и инженерами эпохи Возрождения положила начало, с одной стороны, теоретическому осмыслению инженерного опыта, а с другой – развитию экспериментального и математизированного естествознания и основанной на науке техники – технической науки⁸¹.

Галилей интегрирует практические и теоретические знания, рефлектируя новый тип знаний, полученных в инженерной практике, и корректируя существовавшие теоретические представления. Решение этой задачи и является основной заслугой Галилея, гениальность которого состоит в создании объяснительных теоретических схем технической практики, с одной стороны, и в введении теоретического конструирования с помощью технических средств в естествознание (технически подготовленного эксперимента) с другой.

Инженеры проходят специальный курс обучения в появившихся тогда Академиях. Например, основанная в 1562 г. Флорентийская академия искусств – *Accademia del Disegno*, которую на русский язык переводят как Академия изящных искусств или рисунка, была скорее Академией дизайна, или, лучше сказать, искусства проектирования, поэтому ее часто называли академией «делания» (*Academy of Doing*), а также учебным заведением для подготовки мастеров-инженеров. Ее студенты изучали геометрию и черчение, в том числе техническое черчение. Учитель математики Галилея Остилио Риччи (1540–1603) получил в ней в 1593 г. кафедру математики. Одновременно он давал уроки практической геометрии в мастерской Бернардо Буонталенти (*Bernardo Buontalenti*). Эта академия стала образцовой моделью обучения художников, инженеров, практических математиков.

Интересно, что Галилей, наряду с учебой в Падуанском университете, прошел все стадии тогдашнего инженерного образования, а позже и сам организовал обучение военных инженеров, со-

⁸¹ Концептуальный аппарат физики Аристотеля используется ренессансными инженерами повсеместно, хотя и подвергается ими существенной модификации в зависимости от типов решаемых ими технических задач (см.: *Renn J. and Damerow P. The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background. Sources 2, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge. Berlin, 2012. P. 193–201*).

ставлявших тогда инженерную элиту. Изобретенный им и изготовленный в его мастерской военный компас для различных точных измерений в артиллерии и фортификации служил также пособием для обучения военных инженеров, составлявших элиту тогдашнего инженерного корпуса, практической математике. Это не было чисто коммерческой деятельностью, изолированной от его научных интересов. Создаваемые им «математические инструменты» могли быть использованы только вместе со знаниями, как их использовать. Поэтому кодификация и передача таких знаний с помощью частных уроков была главной деятельностью Галилеева предприятия.

В это время становится нормой для успешной военной карьеры брать частные уроки по фортификации, военной архитектуре, геодезии, механике, теории перспективы и пользованию военным компасом (рис. 10). Одной из главных особенностей уроков, даваемых Галилеем, было длительное и детальное объяснение того, как правильно использовать «математические инструменты» (измерительные приборы). Но Галилей идет дальше и создает новую эпистемологическую модель генерирования естественнонаучных знаний.

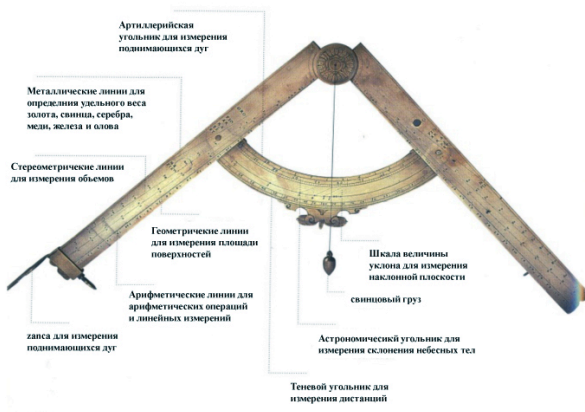


Рис. 10. Военный компас Галилея⁸²

⁸² *Museo Galileo. A Guide to the Treasures of the Collection.* Firenze, 2010. P. 44.

Одним из наиболее характерных примеров является маятник. Еще до развития Галилеем физической теории качания маятника его применяют в некоторых машинах, например, в механической приводной пиле с тяжелым якорным маятником, как его описывает французский инженер Жак Бессон в своем труде «Театр инструментов и машин» (см. рис. 11).

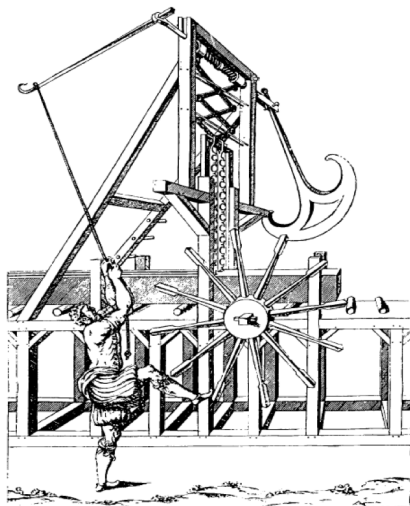


Рис. 11. Пильный станок с тяжелым якорным маятником (Jacques Besson. *Theatrum instrumentorum et machinarum*, 1578)⁸³

Однако у Галилея маятник – это не просто инструмент для приведения в движение машинного механизма, а идеализированный объект естественнонаучной теории – математический маятник, с помощью которого он открыл закон колебания маятника – независимость периода колебания при малых амплитудах (изохронизм). Именно с его помощью Галилей сравнивает качание пробкового и свинцового шара – «свинцового маятника» в мысленном экспе-

⁸³ *Lefevre W.* Galileo Engineer: Art and Modern Science // *Science in Context*. Vol. 14. Iss. S1. June 2001. P. 21. Fig. 1; *Brashear R.* Jacques Besson and his *Theater of Instruments and Machines*. 1999. [Электронный ресурс] <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/HST/Besson/besson-introduction.htm> (дата обращения: 11.04.2011).

рименте. В своем трактате «Беседы и математические доказательства» Галилей использует математический маятник для объяснения самых различных физических явлений, связанных с движением, даже если оба шара – свинцовый и пробковый – «начнут свой путь в одно и то же время, однако пробковый, будучи отклонен в сторону на тридцать градусов, должен будет проходить дугу в шестьдесят градусов, а свинцовый, отведенный только на два градуса, – дугу в четыре градуса. Не окажется ли в таком случае скорость пробки большею? А опыт показывает, что так и произойдет»⁸⁴. Таким образом в естественнонаучной теории строятся различные теоретические схемы, позволяющие делать теоретические выводы о природных процессах, которые могут быть проверены в технически подготовленном эксперименте. «Я верю, что железный шар, покрытый свинцом, на батарее города Корбель не наносил особого урона неприятелю и что железное ядро оказалось испорченным свинцом. Я не верю другой части <...> относящейся к физике, – о том, что свинец плавится и вследствие этого железный шар утрачивает в полете свою свинцовую оболочку»⁸⁵. Галилей задал методологию теоретического конструирования – проектирования различных экспериментальных ситуаций для получения новых знаний о природе – мысленного эксперимента. Эту методологию успешно использовали его последователи.

В отличие от схоластической точки зрения, согласно которой законы природы и законы механики принадлежат различным реальностям, и мнения многих тогдашних инженеров-практиков, что механические искусства выше природы и помогают человеку господствовать над ней, Галилей считает, что законы природы и законы механики принадлежат одной и той же области. С этой позиции он критикует инженеров-практиков, стремящихся строить машины, противоречащие законам природы. Новая наука Галилео Галилея пытается разработать научные средства для решения практических инженерных проблем. И хотя сам Галилей не занимался постройкой и конструированием машин, он принадлежал к

⁸⁴ *Галилео Галилей. Беседы и математические доказательства // Галилео Галилей. Избр. тр. Т. 2. М., 1964.*

⁸⁵ *Галилео Галилей. Пробирных дел мастер. М., 1987. С. 214. Далее Галилей ссылается на опыт, приводимый Аристотелем, что на пушечной стреле с воском не плавится даже воск.*

тем экспертам, которые контролировали качество и осуществляли оценку машин и их проектов. Главным в такой оценке было определить, является представленная модель той или иной машины действительно выполнимой при переходе к реальной конструкции.

Эту проблему – разработать научные средства для решения практических инженерных проблем – пытался решать еще Леонардо да Винчи⁸⁶, который конструировал всякого рода колесные механизмы, аналогичные по принципу своего действия часовым механизмам. Сам Леонардо построил несколько таких автоматов. Чтобы их построить, он тщательно изучал природные объекты: строение человеческого организма и механизм движения животных, рассматривая живой организм как умную машину⁸⁷. Одним из наиболее интересных достижений Леонардо да Винчи было создание проектов автоматических саморегулирующихся устройств, создаваемых на основе сходства с деятельностью человека или животного. «Автоматы Леонардо были результатом исследования, осуществлявшихся мастерами-инженерами в области анатомии и кинетической физики <...> фактически, изучая человеческое тело, он приходит к созданию прекрасных человекоподобных машин». Одним из примеров такой машины была раработанная им модель автомата-барабанщика⁸⁸. Леонардо, чтобы построить модель такого автомата, тщательно изучал сам этот инструмент и игру (деятельность) барабанщика на нем. В эпоху Ренессанса согласие между божественным планом и новыми математическими истинами достигалось пониманием Бога как Инженера, действующего в своем космологическом проектировании в соответствии с им же установленными математическими законами. Исследуя эти продукты божественной технической деятельности в природе, мастера-инженеры стремились воссоздать математические принципы их построения в искусственных сооружениях. При этом каждое такое открытие или изобретение рассматривалось как продукт Божественной инженерной работы. Именно эти мастера-инжене-

⁸⁶ Pedretti C., Tagliagambara S., Niccolai G. Leonardo da Vinci. Automation and Robotics. Florence, 2010.

⁸⁷ Pisano R. Continuity and discontinuity. On method in Leonardo da Vinci's mechanics // ORGANON. 2009. Vol. 41. P. 174.

⁸⁸ Pedretti C., Tagliagambara S., Niccolai G. Leonardo da Vinci. Automation and Robotics. P. 44, 66.

ры провозглашали необходимость особой новой «*scienza activa*» (деятельностной науки), т. е. фактически технoнауки, изучающей функции строения человеческого организма и структуры машины, как основы технической практики⁸⁹.

Одной из наиболее обсуждаемых тогда технических задач была проблема создания вечного двигателя – *perpetuum mobile*. Многие твердо верили, что искусные инженеры – механики и гидравлики – способны «перехитрить» или даже «перебороть» саму природу. Это убеждение выливалось в своего рода социальное движение, стремившееся упрочить положение инженеров в обществе в противовес тем, кто занимался «естественной философией» и утверждал, что природа доминирует над техникой. Галилей формулирует третью позицию в вопросе соотношения науки и техники, которая становится фактически определяющей в новом естествознании, – «законы природы и законы механики принадлежат к одной и той же области явлений»⁹⁰. Именно эта позиция легла в основу всего последующего развития естествознания и научной техники, высшей формой выражения которой стали технические науки.

Таким образом, научное инженерное образование имеет свою предысторию, уходящую корнями в эпоху Нового времени. Первый опыт научного образования инженеров мы находим именно у Галилео Галилея. С развитием и повсеместным внедрением огнестрельного оружия ситуация в военной области резко меняется. Говоря современным языком, на первый план выходит военно-промышленный комплекс. Военные инженеры, составлявшие тогда инженерную элиту, в условиях появления и развития тяжелой мобильной пороховой артиллерии больше не могли полагаться на простой неотрефлексированный опыт и интуицию. Им нужны точные расчеты. Артиллерия и фортификация сами становятся сложной, основанной на математике наукой.

Именно «ученые-инженеры» были реальным центром того культурного сдвига, о котором мы говорили в начале главы. Как раз таким инженером и был Галилео Галилей: «Его хорошее чутье в сфере бизнеса и прекрасные коммуникационные навыки сделали

⁸⁹ *Pisano R.* Continuity and discontinuity. On method in Leonardo da Vinci' mechanics. P. 167–168, 174, 182.

⁹⁰ *Valleriani M.* Galileo Engineer. Dordrecht; Heidelberg; L.; N.Y., 2010. P. 197, 200–203.

его одним из наиболее популярных инженеров-ученых своего времени. <...> Величие его науки, однако, было следствием ее связей с практическим знанием»⁹¹. Таким образом, уже тогда инженерное образование, как и теперь, служит стимулом для теоретической систематизации практических знаний.

Новая наука Галилея, в частности, давала возможность помочь мастерам – разработчикам и строителям различного рода машин – решать эти проблемы, получать ответы об их надежности и работоспособности еще до постройки и испытания самой машины. Поэтому он начинает свой трактат по механике следующим призывом, в котором сформулирована его программа теоретического анализа механических орудий: «чрезвычайно важно рассмотреть их в общем и уяснить себе, каковы те выгоды, которые получают от этих орудий», поскольку «механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе, а в результате и сами оказываются обманутыми и в равной степени обманывают тех, кто исходил в своих надеждах из их обещаний»⁹². Именно поэтому мы можем квалифицировать новую науку Галилея одновременно как зачаток технической науки. Геометро-кинематическая схема Галилео Галилея, модифицированная Гаспаром Монжем в проективную геометрию, послужила началом приложения естественнонаучной теории – теоретической механики – к описанию машин и толчком для создания технической науки – теории механизмов и машин. К концу XVIII – началу XIX столетий появляется такое огромное количество сложных машин (в том числе астрономических, математических и физических аппаратов и инструментов)⁹³, требующих к тому же точных расчетов, что евклидовой геометрии уже недостаточно было для их графического представления. Важный шаг от чистой математики в сторону ее приложения к описанию конкретных машин сделал в своей начертательной геометрии Гаспар Монж.

⁹¹ *Valleriani M.* Galileo Engineer. P. 211.

⁹² *Галилео Галилей.* Механика // *Галилео Галилей.* Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. М., 1964.

⁹³ Уже в середине XVIII столетия в опубликованном немецким механиком Якобом Леопольдом (1674–1727) с 1724 по 1739 г. трактате «Театр машин» (*Teatrum machinarum*) для эмпирического описания уже существовавших к тому времени машин с попыткой их систематизации потребовалось 10 томов. См.: *Leopold J.* Teatri Machinarii, oder Schau-Platz der Heb-Zeuge oder Maschinen eine Last vorzubringen und zu erheben. Leipzig, 1725; Reprint. Hannover, 1982.

Начертательная геометрия давала инженерам математически точную систему графических изображений (математическую схему), позволяющую схематизировать пространственные структуры в виде плоскостного изображения, проводить на нем необходимые расчеты с помощью стандартизованных математических преобразований, а затем переносить полученные результаты на реальные условия. Чертежи и схемы для инженера становятся одновременно и средством связи, с одной стороны, с наукой, а с другой – с реальным миром технической практики. Однако потребовалась и другая наука – техническая наука, которая в отличие от естествознания призвана была выработать теоретические средства для анализа и синтеза машин во всей их сложности, используя одновременно последние достижения естествознания и математики. Именно с появлением технических наук связан следующий этап развития инженерной деятельности. Однако предшествовал ему этап становления экспериментального естествознания.

Глава 4

Инженерная деятельность и становление экспериментального естествознания: научная техника и техника науки*

Обычно считается, что ученый-естествоиспытатель имеет дело только с миром природного, естественного, а инженер – миром технического, искусственного. Однако возникновение экспериментального естествознания было тесно связано с искусственной, технической переработкой природных явлений и процессов, с исследованием и развитием мира механических искусств, в том числе с исследованием «как природы механических орудий, так и принципов их действия». «В результате действительной почвой физического эксперимента становится “естественная техника”, или же, иными словами, “механическая природа”»⁹⁴. Да и сами природные процессы часто осмысливаются в новой науке как рукотворные, искусственные. Природа – «божественный зодчий» – «удивительно пользуется способами самыми неожиданными; говоря удивительными и неожиданными для нас, но не для нее, – пишет Галилей, – так как природа с величайшей легкостью и простотой совершает вещи для нашего разума бесконечно изумительные, и то, что в ней в высокой степени трудно постигнуть, для нее не составляет никаких трудностей сделать»⁹⁵. Здесь природа рассматривается как «инженер», «искусственно» создающий природные, а

* Эта глава подготовлена в рамках проекта РФФИ «Трансформация естественного эксперимента в социальных науках» № 15-06-02634.

⁹⁴ Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента (от античности до XVII века). С. 217.

⁹⁵ Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. М., 1964. С. 125.

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 системы, в отличие от «механика»-ремесленника, действующего часто вопреки природе, стремящегося ее обмануть, т. е. вопреки «естественному» течению процессов на основе искусства, «ухищрения». Даже первые инженеры-самоучки в отличие от «технических романтиков» средневековья, которые делали свои изобретения так, «как будто бы они были вовсе свободны от стеснения, налагаемого свойствами материалов, из которых придется изготавливать изобретенную машину, и способами изготовления», обязательно опирались на современные им научные достижения⁹⁶.

Итак, и в экспериментальном естествознании, и в инженерной деятельности устанавливается определенная взаимосвязь между миром природным и миром искусственным («второй природой», созданной деятельностью человека-творца), между естественным и искусственным. Понятия «естественного» и «искусственного» были развиты еще в античной философии. Естественное – то, причина чего заключена в самой вещи, что происходит по определенному закону. Естественное движение – движение по природе, т. е. к своему «естественному» месту. Естественное противопоставляется Аристотелем насильственному, неестественному. Но он различает также существующее по природе, возникающее от природы и возникающее путем искусства, образованное искусством.

Однако техника становится на службу науки и средством рационального объяснения природы. Например, Анаксимандру приписывается изобретение гномона как орудия (технического средства) познания природы (космоса), что открывает новую эру использования и усовершенствования орудий повседневной деятельности в качестве орудий познания. Изобретение гномона было заимствованием и усовершенствованием солнечных часов, придуманных для практических целей еще древними вавилонянами (измерения времени в течение дня) в качестве астрономического инструмента для научных целей. В этом пункте прослеживается аналогия с Галилеем, поставившим на службу новой науки – экспериментального естествознания – телескоп, изобретенный до него

⁹⁶ Чеканов А.А. Виктор Львович Кирпичев. М., 1982. С. 79.

голландским ремесленником. В отличие от древних вавилонян Анаксимандр осуществил переход от арифметических расчетов к геометрическим представлениям. Он представлял себе Землю в качестве покоящегося в центре Вселенной цилиндра. Ему приписывают и составление первой карты Земли. «С Анаксимандра начинается тот процесс, который привел на место простой *арифметической* астрономии древних восточных культур *геометризацию* этой науки. Оказывается, что также более поздняя традиция греков осознавала, что Анаксимандру принадлежит первенство в геометризации картины мира»⁹⁷. Гномон с помощью диаграммы солнечных теней, их перераспределением и задает объективную геометрическую картину мира, объективную картину, хотя бы потому, что она не зависит от наблюдателя. Геометрическая игра света и теней является объективным репрезентантом реального космоса. Мир показывает себя сам через гномон как пассивный рецептор, сам активно пишет с помощью теней. В этом смысле гномон не является орудием в смысле палки в руках первобытного человека, а представляет собой теоретический объект, показывающий модель космоса, артефакт, который, однако, соотношен не с субъектом, а остается при этом объектом среди объектов между солнцем и землей. «Математическая идеальность в Древней Греции никогда не соотносилась с думающим субъектом <...> В игре теней у подножия гномона демонстрируется реализм идеальностей, форма как вещь или вещь как форма <...> Точка, прямая, угол, поверхность, круг, треугольник, квадрат <...> возникают там в качестве идеальных форм, оказываясь посредниками среди самих вещей, в реальном мире, реальные как и лучи света тени, однако в качестве их общих границ»⁹⁸.

В Новое время в связи со становлением экспериментального естествознания проблема соотношения естественного и искусственного переосмысливается. Для Декарта всякое различие между естественным и искусственным с необходимостью исчезает, поскольку мир, природа трактуется им как машина. «Между машинами, сделанными руками мастеров, и различными телами,

⁹⁷ Szabo A. Das geozentrische Weltbild. Muenchen, 1992. S. 96.

⁹⁸ Ritter J. Jedem seine Wahrheit: die Mathematiken in Ägypten und Mesopotamien. In: Elemente einer Geschichte der Wissenschaften / Hrsg. M. Serres. Frankfurt a/M., 1994. S. 124–126.

созданными одной природой, я нашел только ту разницу, что действия механизмов зависят исключительно от устройства различных трубок, пружин и иного рода инструментов, которые, находясь по необходимости в известном соответствии с изготовившими их руками, всегда настолько велики, что их фигура и движение легко могут быть видимы, тогда как, напротив, трубки или пружины, вызывающие действия природных вещей, обычно бывают столь малы, что ускользают от наших чувств. И ведь несомненно, что в механике нет правил, которые не принадлежали бы физике (частью или видом которой механика является); поэтому все искусственные предметы вместе с тем предметы естественные. Так, например, часам не менее естественно показывать время с помощью тех или иных колесиков, из которых они составлены, чем дереву, выросшему из тех или иных семян, приносить известные плоды»⁹⁹. Такое понимание естественного и искусственного прямо противоположно аристотелевскому представлению, согласно которому природное противопоставлялось созданному человеком, а физика – механике, как искусству, а не науке. По Декарту же, механика является частью физики, изучающей «трубы и пружины, вызывающие действия природных вещей»¹⁰⁰.

Галилей рассматривает эти понятия в нескольких контекстах, но главное его достижение в решении этой проблемы состоит не столько в разграничении, сколько в соотнесении этих двух понятий, установлении их взаимопереходов. В одном из своих писем Галилей отмечает: «В результате собственных поразительных экспериментов я пришел к выводу, что движения тел не являются ни “естественными”, ни “вынужденными” и поэтому могу с полным основанием назвать эту концепцию новой, созданной мною с самых ее основ»¹⁰¹. В отличие от Аристотеля он рассматривает естественное движение в искусственных условиях, в идеализированном искусственным путем эксперименте. Прямолинейного движения не существует в природе; оно является результатом идеализации, искусственного воспроизведения естественного явления за счет устранения побочных влияний (воздействия внешних сил). Говоря,

⁹⁹ Декарт Р. Избр. произведения. М., 1950. С. 539–540.

¹⁰⁰ Гайденок П.П. Эволюция понятия науки (XVII–XVIII вв.). М., 1987. С. 169.

¹⁰¹ Фантоли А. Галилей: в защиту учения Коперника и достоинства святой церкви. С. 93.

например, о плавающих телах, он пишет: «Понять причину этого явления <...> очень легко, поскольку мы имеем явную их аналогию в любом искусственно приготовленном нами сосуде, в котором мы увидим естественно происходящими эти явления...»¹⁰². В то же время он говорит и о «природе» механических орудий, рассматривая их естественный компонент: «Механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе...»¹⁰³. Именно таким перенесением 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 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, машина, 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. «Техникой называется искусство заставлять природные силы работать за удовлетворением потребностей человека. При помощи техники человек, своею малой силой, преодолевает огромные силы природы. <...> Изучив силы природы, человек выучился так составлять

¹⁰² *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. М., 1964. С. 527.

¹⁰³ Там же. С. 7.

тела природы, чтобы их природное взаимодействие вызвало намечаемое им явление. <...> В этом заключается секрет власти общественного человека над природой <...> Но не надо забывать, что человек покоряет природу не иначе как только покоряясь ей, т. е. выполняя все ее требования, условия и законы...»¹⁰⁴.

Непонимание роли естественных законов для решения технических задач характерно лишь для доинженерного технического мышления. Как отмечает Галилей, «неразумные инженеры, думающие обмануть природу и только посрамляющие себя, стремясь применить машины для невыполнимых предприятий», фактически действуют как ремесленники¹⁰⁵. Если для технического мышления действительно характерна «искусственная» позиция, то для инженерного – «естественно-искусственная».

В современном значении слово «техника» употребляется в двух смыслах. В общем и широком смысле каждый вид человеческой деятельности имеет свою технику (техника живописца, музыканта, оратора, исследователя и т. д.). В узком же смысле она означает деятельность техника по профессии, как человека достигающего практические цели. Техника всегда решает определенные задачи, которые рождаются из потребностей человека. Но не всякая осознанная потребность образует техническую задачу. «Техника есть искусство вызывать намеченные полезные явления природы, пользуясь известными нам свойствами природных тел». Техника, таким образом, принадлежит к искусствам, т. е. к объективирующей деятельности, и в то же время к «числу установленных естествознанием?»¹⁰⁶. Важно, однако, отличать техника от ремесленника, который «вырабатывает свои произведения исключительно путем усвоения раз навсегда выработанной рутины»¹⁰⁷. Но еще более важно провести различие между техником и инженером: «на долю инженера выпадает деятельность творческая и направляющая, на долю техника – исполнение»¹⁰⁸. Инженер, как и ученый-естествоиспытатель, имеет дело с идеализированными объектами

¹⁰⁴ *Горохов В.Г.* Петр Климентьевич Энгельмейер. Инженер-механик и философ техники. С. 198–199.

¹⁰⁵ *Галилео Галилей.* Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 10.

¹⁰⁶ *Энгельмейер П. К.* Техника как искусство. С. 1376.

¹⁰⁷ Там же. С. 1022.

¹⁰⁸ *Энгельмейер П. К.* Технический итог XIX века. Вып. 2. С. 49.

и схемами. Именно поэтому для большинства инженеров Ренессанса «изобретение, теоретическое познание и практическое исследование предмета соотносятся между собой в таком порядке, что установить иерархию не представляется возможным»¹⁰⁹.

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» природы, в которых природные процессы действуют так, как это необходимо для функционирования создаваемой технической системы. Именно выяснению этой природной связи служат полученные учеными естественнонаучные знания о характере и особенностях протекания различных природных процессов.

Итак, суть научного метода в технике состоит в следующем: «Если привести неодушевленные тела в такое положение, такие обстоятельства, чтобы их действие, сообразное с законами природы, соответствовало нашим целям, то их можно заставить совершать работу для одушевленных существ и вместо этих последних»¹¹⁰. Когда эту задачу начали выполнять сознательно, и возникла новейшая научная техника. Этот переход к научной технике был, однако, не однонаправленной трансформацией техники наукой, а их взаимосвязанной модификацией. Другими словами, сциентизация техники сопровождалась технизацией науки. Не только наука повлияла на становление норм современного инженерного мышления, но и, наоборот, инженерная деятельность оказала заметное влияние на формирование нового идеала научности.

Под влиянием инженерной деятельности постепенно меняется и представление о научном опыте и его содержание, куда входит уже не только простое наблюдение, но и инженерно подготавливаемый эксперимент. Галилей, например, употребляет понятие опыт в нескольких смыслах: во-первых, в смысле ежедневного опыта, обычного наблюдения за ходом природных явлений; во-вторых,

¹⁰⁹ Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. Джироламо Кардано. М., 1980. С. 178–179.

¹¹⁰ Рело Фр. Техника и ее связь с задачей культуры. СПб., 1885. С. 1–2, 7–8.

наблюдения за функционированием искусственных сооружений (скажем, каналов и шлюзов), созданных для каких-либо других целей инженерами; в-третьих, в плане 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 планомерных опытов и наблюдений за его функционированием¹¹¹.

Вильям Гильберт в вышедшем в свет в 1600 г. труде «О магните»¹¹², ставшем первым основанием экспериментально-естествознания, соотносит физические представления и экспериментально-технический опыт – знания, полученные в эксперименте с искусственно обработанным магнитом (тереллой, что в переводе с лат. означает «землица»), он переносит на природный, физический объект – Землю. Его книга, вышедшая за шесть лет до первой публикации Галилея, оказала огромное влияние на развитие экспериментальной науки. «Первым академически обученным ученым, который отважился заимствовать экспериментальный метод высших ремесленников и сообщить результаты этого в книге, адресованной не рулевым и механикам, но образованной публике, был Вильям Гильберт...»¹¹³.

В предисловии к этой книге Гильберт ратует за опыт и эксперимент в качестве противовеса книжным авторитам: «Я, однако, препоручаю эти основания науки о магните – новый род философии – только вам, истинные философы, благородные мужи, ищущие знания не только в книгах, но и в самих вещах. Если кое-кто

¹¹¹ См.: *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1.

¹¹² Полное наименование произведения – «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. Новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов» (М., 1976). Примерно 40 % его книги посвящено объяснению физического эксперимента, 25 % связано с описанием навигационных приборов, а 10 % – с добычей и производством железа. Очевидно, что он был знаком со многими практическими вещами не понаслышке, о чем свидетельствует тот факт, что он устраняет ошибки в знаменитом труде Агриколы о металлах, но корректирует содержащиеся в нем. Гильберт изобрел навигационный инструмент для мореплавателей.

¹¹³ *Zilsel E.* The Origins of William Gilbert's Scientific Method // *Journal of the History of Ideas*. 1941. Vol. II. No. 1. P. 28.

не пожелает согласиться с мнениями и парадоксами, то пусть все же он обратит внимание на большое обилие опытов и открытий (благодаря которым и процветает главным образом всякая философия). Они были придуманы и совершены благодаря нашему великому тщанию, бдениям и издержкам. Наслаждайтесь ими и, если сможете, сделайте из них лучшее употребление. Знаю, как трудно придать старому новый вид, потускневшему – блеск, темному – ясность, надоевшему – прелесть, сомнительному – достоверность, но гораздо труднее закрепить и утвердить, вопреки общему мнению, авторитет за тем, что является новым и неслыханным. <...> Многие рассуждения и гипотезы на первый взгляд покажутся, может быть, неприемлемыми, так как они расходятся с общими мнениями. Я, однако, не сомневаюсь в том, что впоследствии они – благодаря сопровождающим их доказательствам – завоюют себе авторитет»¹¹⁴. А главными доказательствами, по его мнению, являются опыты и эксперименты. Делая обзор упоминаний о магните у древних авторов, Гильберт высоко оценивает, например, описание его природы у Фомы Аквинского, но «благодаря своему божественному и проницательному уму он дал бы очень много, если бы производил опыты над магнитами»¹¹⁵. Именно благодаря опытам, считает он, «природа магнита, скрытые и недоступные причины такого действия магнита станут ясными и доказанными, очевидными и объясненными». Причем в отличие от Галилея Гильберт не собирается «опровергать доводами» заблуждения¹¹⁶.

Гильберт довольно подробно и тщательно описывает свои опыты, которые являются воспроизводимыми – первое условие всякого научного эксперимента. После Гильберта его опыты получили широкое распространение в различных физических кабинетах и музеях. Однако тот, кто «пожелает повторить эти опыты, должен обращаться с телами не робко и неумело, а разумно, искусно и уверенно»¹¹⁷.

Приведем пример такого почти рецептурного описания пригодного для воспроизведения эксперимента: «Небольшой круглый кусочек коры пробкового дерева величиной с обыкновенный орех

¹¹⁴ Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. М., 1976. С. 8–9.

¹¹⁵ Там же. С. 24.

¹¹⁶ Там же. С. 29, 28.

¹¹⁷ Там же. С. 9.

протыкается железной проволокой до середины проволоки. Когда он будет спокойно плавать, приблизим на короткое расстояние к одному концу проволоки (однако так, чтобы не было соприкосновения) конец другой железной проволоки. Оказывается, что проволока притягивает проволоку, а другая следует за ней, если первую медленно отодвигать; одновременно это происходит только в известных пределах. *A* – кора с железной проволокой, *B* – один конец проволоки, немного поднимающийся над поверхностью воды, *C* – другой конец проволоки. Так *C* притягивает *B*». Гильберт строит особый идеализированный объект – тереллу (землицу), который будучи созданным искусственно, путем технической обработки, является моделью естественного объекта – Земли, «так как шаровидная форма, являясь самой совершенной, более всего похожа на земной шар и наиболее удобная для пользования магнитом и для опытов»¹¹⁸. Фактически Гильберт ставит в соответствие описания структуры технически подготовленных экспериментов и естественнонаучное описание, когда пишет: «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, или с помощью других инструментов, если того потребует материал или 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 физическое тело, благодаря которому люди могут легче познакомиться с множеством сокровенных и оставшихся в пренебрежении философских истин, к несчастью покрытых мраком <...> Этот круглый камень мы называем <...> землицей»¹¹⁹. Опираясь с этим прибором – тереллой (землицей) – Гильберт переносит полученные им в опытах знания на естественный, природный объект – Землю, рассматривая ее как большой магнит. В предисловии к книге Гиль-

¹¹⁸ Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. М., 1976. С. 36.

¹¹⁹ Там же. С. 36–37.

берта, написанной Эдуардом Райтом, приводится высокая оценка современников полученных им результатов: «Твое открытие, что весь земной шар представляет собой магнит, большинству покажется совершенно неожиданным и вызовет недоумение. Однако оно у тебя так прочно и всесторонне подкреплено и обоснованно таким количеством прямо относящихся к делу и хорошо подобранных опытов..., что не остается никакой возможности сомневаться или возражать. <...> Ни один человек не приводил более вероятной причины, чем та, которая сейчас впервые выставлена тобой в этих твоих книгах о магните. Прямая северная направленность магнитной стрелки среди океана и внутри материков (или даже внутри их более или менее возвышенных частей) наклонение к ним у берегов на суше и на море, согласуется с опытами над землицей (которая неровна ради сходства с Землей, в некоторых своих частях имеет возвышенности или ослаблена, попорчена, несовершенна в каком либо отношении), доказанными в книге 4, главе 2, – все это делает правдоподобным заключение о том, что эта вариация есть ничто иное, как некая девиация намагниченного железа в сторону более мощных и возвышенных частей Земли»¹²⁰.

Аналогично рассуждает и Галилей: «Вообразите теперь, что Земля – это большое колесо, которое движется с огромной скоростью и должно отбрасывать камни»¹²¹. 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 задачи математическим путем, он снова переходит к физической проблеме и использует уже физические понятия: покой, движение, скорость (медленность), тяжесть (легкость), тело (вместо точки) и т. д. Затем он опять прибегает к помощи чертежа, который должен облегчить решение задачи¹²².

¹²⁰ *Гильберт В.* О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. М., 1976. С. 14.

¹²¹ *Галилео Галилей.* Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 294.

¹²² Там же. С. 298.

Как известно, Гильберт не использует в своей книге математику, но для пояснения своих экспериментов он также опирается на элементарные чертежи, необходимые для предварительной схематизации экспериментальных ситуаций. Эти схемы поразительно похожи и на чертежи используемых мореходами или предлагаемых им самим навигационных приборов, которые он приводит в своей книге. Однако такого рода чертежи служат у Гильберта не для расчетов или перехода к геометрическому анализу¹²³. Они – лишь первичная схематизация опыта – схемы, опосредствующие переход от технически подготовленного эксперимента с искусственным объектом к описанию физических и процессов, происходящих в природе. Практическая ценность его работы подчеркивается и Э. Райтом в предисловии: «...если бы эти твои книги о магните не содержали в себе ничего другого, кроме нахождения широты по магнитному склонению, тобою впервые предложенному, то и тогда наши английские, французские, голландские и датские капитаны, готовящиеся плыть в пасмурную погоду из Атлантического океана в Британское море или Гибралтарский пролив, с полным основанием ценили бы их на вес золота»¹²⁴. Гильберт постепенно переносит полученные им в эксперименте на искусственно созданном объекте (терелле) знания на естественный объект – Землю.

Аналогичным образом рассуждает и Галилей, доказывая существование вращения Земли вокруг своей оси, отвергаемое Аристотелем и схоластической наукой: «Для многих людей <...> движение, состоящее в том, что земной шар, по Копернику, должен вращаться вокруг своего центра в сторону, противоположную всем прочим небесным движениям, – вещь наиболее невероятная и сильно подрывающая всю коперниканскую систему. <...> Дабы устранить эту трудность, я показал, что такое движение не только не является невозможным, но согласуется с природой и почти необходимо, ибо любое тело, если его поместить в разреженную и жидкую среду, которая будет служить ему опорой, при увлечении потоком круговращения по большому кругу самопроизвольно начинает вращаться вокруг себя в направлении, противоположном направлению несущего его движения.

¹²³ Галилей также отмечает этот факт: «По отношению к Гильберту я хотел бы только, чтобы он был немного более математиком и, в частности, был лучше осведомлен в геометрии» (*Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 499).

¹²⁴ *Гильберт В.* Указ. соч. С. 14.

Этот эффект можно наблюдать, если взять в руки сосуд, наполненный водой, поместить в него плавающий шарик и поворачиваться на цыпочках, держа сосуд в вытянутых руках; шарик сразу же начнет вращаться в противоположную сторону и закончит вращаться в тот самый момент, когда мы сами остановимся. Таким образом, никакого чуда здесь нет, и было бы, наоборот, удивительно, как могло быть иначе с Землей, если бы, будучи телом, подвешенным в тонкой и жидкой среде и переносимым в течение одного года по окружности большого круга, она не приобрела естественно годовое вращение вокруг себя в противоположную сторону. <...> тому, кто держит сосуд, кажется, будто шарик, помещенный внутри сосуда, движется относительно него самого, сосуда и вращается. Но тот же самый шарик, если его сравнивать со стенами комнаты и внешними предметами, вообще не вращается и не изменяет своего наклона; если точка его поверхности была первоначально направлена на какую-нибудь внешнюю отметку на стене или где-нибудь дальше, то она всегда будет указывать в том же направлении»¹²⁵.

Однако Гильберт выступил не только как мастер эксперимента. Он приложил большие усилия в плане разработки концептуального аппарата новой науки. В начале своего труда «О магните» он приводит восемнадцать введенных им новых понятий. Некоторые из этих понятий прочно вошли в арсенал науки (например, магнетики), другие употреблялись его современниками (как обозначение стрелки на острие – *versorium* – для различения лабораторного прибора и компаса), многие исчезли из научного обихода. Важно, однако, отметить, что это было первой попыткой создать концептуальную схему для описания экспериментальных понятий в нарождающейся науке¹²⁶. В этом смысле его концептуальная работа схожа с усилиями создать такого рода концептуальную схему для описания своих знаменитых опытов по распространению электромагнитных волн Генрихом Герцем.

Назначение опыта в физике Декарта заключается в том, чтобы проверить, совпадает ли построенный им теоретический механизм (модель природы) по своим действиям с тем, который сконстру-

¹²⁵ *Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 191–192.

¹²⁶ См. комментарий А.Г. Калашникова к кн.: *Гильберт В.* О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. М., 1976. С. 366–368.

ирован богом-творцом¹²⁷. Подобно Вильяму Гильберту, приводя в пример исследование свойств магнита, Декарт призывает исследователя сначала заботливо собрать «весь возможный для него опыт относительно этого камня», затем попытаться «сделать вывод: каково должно быть соединение простых естеств, для того, чтобы оно могло производить все те действия, которые он обнаружит в магните» и лишь тогда «он может смело утверждать, что вскрыл истинную причину магнита, насколько это доступно человеку в пределах данного опыта»¹²⁸. Таким образом, чтобы познать природу магнита, нужно создать его модель (мысленную или материальную), которая была бы функционально аналогична природному магниту, т. е. действовала аналогично ему в искусственно созданном экспериментальном устройстве. В этом и состоит подлинное научное объяснение природных явлений с помощью искусственного воспроизведения их внешнего действия. При этом опыты «не производятся случайно, но должны быть изыскиваемы проницательными людьми с тщанием и с необходимыми издержками. Далее, не всегда бывает так, что те, кто способен правильно произвести опыты, получают такую возможность...»¹²⁹.

Формируется совершенно новая в науке фигура ученого-экспериментатора (в отличие от теоретика). В Лондонском королевском обществе, например, была даже учреждена штатная должность куратора экспериментов, которую занимал известный ученый-естествоиспытатель Роберт Гук. В его обязанности входила демонстрация два-три раза в неделю за вознаграждение новых опытов собственного изобретения. В своем «Трактате об экспериментальном методе» он неизменно восхваляет большую научную роль приборов и инструментов, как средства против ошибок чувственного опыта. Само Лондонское королевское общество возникло из кружка, в который входили как ученые, так и знатные любители наук, дававшие взносы на проведение экспериментов. В его уставе в качестве цели было объявлено усовершенствование знаний о природе путем эксперимента: «совершенствовать познания натуральных вещей и всех полезных искусств, мануфактур,

¹²⁷ *Гайдено П.П.* Эволюция понятия науки (XVII–XVIII вв.). С. 170–171.

¹²⁸ *Декарт Р.* Избр. произведения. М., 1950. С. 134–135.

¹²⁹ *Декарт Р.* Соч.: в 2 т. Т. 1. М., 1989. С. 312–313 (Первоначала философии, предисл.).

механической практики, машин и изобретений при помощи экспериментов (не вмешиваясь в богословие, метафизику, моральные знания, политику, грамматику, риторику и логику); рассматривать «все системы, теории, принципы, гипотезы, элементы, истории и эксперименты естественных, математических и механических вещей, изобретенных, описанных или примененных любими значительными авторами, древними и современными, для того, чтобы составить полную систему надежной философии для объяснения всех феноменов, производимых природой или искусством, и для отыскания рационального пояснения причин вещей»; «спрашивать и заслушивать все мнения, не присоединяясь и не поддерживая какого-либо, пока путем обсуждения и ясных аргументов, основанных главным образом на законных экспериментах, если справедливость этих экспериментов неоспоримо доказана»; при этом «время заседания должно быть использовано на формулировку и выполнение экспериментов, обсуждение их справедливости, способа проведения, оснований и использования...»¹³⁰.

Роберт Гук в своем «Трактате об экспериментальном методе» неизменно восхваляет большую научную роль приборов и инструментов и, прежде всего, как средства 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. Сам он изобрел микроскоп собственной конструкции, построил пневматическую машину (воздушный насос) для Роберта Бойля, будучи ассистентом этого знаменитого ученого. Шарнир Гука, придуманный им для крепления астрономических приборов, до сих пор играет важную роль в машиностроении. Фактически Роберт Гук через много лет воплотил в себе тип того идеального мастера-экспериментатора, о котором мечтал еще Роджер Бэкон, что тот «знает естественные науки посредством опыта, а равно знает медицину, алхимию и все относящееся к нему и дольному миру. Он испытал бы стыд, если кто-нибудь из людей мирских <...> знал бы то, что он сам не знает. Он знаком со всем делом литья металлов, и с тем, как обрабатывается золото и серебро и другие металлы и все минералы. Знает он самолично и все,

¹³⁰ Боголюбов А.Н. Роберт Гук. М., 1984. С. 43–44.

относящееся к военному делу, оружию и охоте. Он изучил сельское хозяйство и земледелие. Он ознакомился даже с экспериментами и гаданиями колдуний, с предсказаниями их и всех магов <...> дабы от него не укрылось нечто, достойное познания и чтобы уметь отличить все ложное и магическое»¹³¹.

Техника эксперимента становится особым видом деятельности в науке и часто образцом для технической деятельности. Например, датский астроном Тихо де Браге специально занимался конструированием научных экспериментов и «осознал важность резкого повышения точности наблюдений за небесными светилами не только для практики, для приложения астрономии в мореплавании, в географии и других расширяющихся тогда сферах деятельности человечества, но и для теории <...> Он был первым, кто предложил эффективные методы и средства для решения этой задачи и воплотил в нескольких сериях своих инструментов...». Его книга «Механика обновленной астрономии» с подробным описанием астрономически инструментов вышла в 1598 г. Высокая точность их изготовления способствовали увеличению точности измерений. Именно его точные и систематические астрономические наблюдения создали почву для новых теоретических открытий. «Новый подход Тихо к организации астрономических наблюдений заключался не только в требованиях достижения максимально возможной точности измерений, но введении поправок на механические погрешности инструментов...»¹³².

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

¹³¹ Райнов Т.И. Роберт Гук и его трактат об экспериментальном методе // Науч. наследство. М.; Л., 1948. С. 677, 678.

¹³² Белый Ю.А. Тихо де Браге (1646–1601). М., 1982. С. 81–82, 167, 79.

ческими средствами, но принципиально реализуемую, хотя и не имеющую места в природе. Затем он строит оригинальный «проект» уже технически реализуемой экспериментальной ситуации, скажем, маятника (т. е. нити с грузом), где сила тяжести отделена от приложенной к телу силы. На основе этого проекта уже может быть сконструирован и проведен реальный эксперимент. Галилей «твердо уверен, что если бы Земля была пробурвана насквозь через центр и мы бросили бы ядро с высоты ста или тысячи локтей над ее поверхностью, то оно прошло бы по ту сторону центра и поднялось на ту же высоту, с какой было брошено. То же самое показывает опыт с грузом, подвешенном на нити; если отодвинуть его от отвесной линии, т. е. вывести из состояния покоя, и затем свободно отпустить. То он падает по направлению к названной отвесной линии и переходит за нее на такое же расстояние или лишь настолько меньше, насколько он встречает сопротивление воздуха, или других привходящих или мешающих движению обстоятельств». В Дании на острове Вен им была создана не только передовая астрономическая лаборатория, где проводили астрономические наблюдения и измерения, но и использовалась новая техника. Была создана водяная мельница, которая выполняла несколько функций: «приводила в движение не только вальцы бумажной фабрики, но и жернов для размолла зерна, а также мялку для кож, которые после соответствующей выделки шли, в частности, для изготовления печатавшихся в типографии книг. Тихо особо гордился эти устройством, которое приводило в движение вместе или порознь три независимых производства»¹³³.

В свою очередь, искусственно созданные в эксперименте ситуации сами должны быть представлены и описаны в научном плане как определенные естественные процессы. Рассуждая о механиках-практиках, Ньютон, к примеру, пишет, что «даже тяжесть, так как это ни есть усилие, производимое руками, рассматривалась ими не как сила, 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-

¹³³ Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 119.

добным притягательным и напирющим силам»¹³⁴. 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 эти силам объяснить остальные явления»¹³⁵.

Следовательно, даже в эксперименте главный акцент все же должен делаться на естественной позиции, в то время как в инженерной деятельности он ставится на искусственной позиции, хотя и тому и другому, фактически, присуща «естественно-искусственная» отправная точка зрения. Это объясняется различием задач экспериментальной и инженерной деятельностей. Основная цель эксперимента – подкрепить, обосновать с помощью искусственных средств теоретически выведенные естественные законы, цель же инженерной деятельности, учитывая эти законы, создать искусственные технические средства и системы для удовлетворения определенных человеческих потребностей.

Таким образом, инженер, так же как и ученый-экспериментатор, оперирует с идеализированными представлениями о природных объектах. Однако первый из них использует эти знания и представления для создания технических систем, а второй – создает экспериментальные устройства для обоснования и подтверждения данных представлений. В этом и выражается прежде всего сходство и взаимовлияние экспериментального естествознания и инженерной деятельности, выполняющих в то же время различные функции в современной культуре и имеющих разную направленность.

В XVI–XVII вв. появляется большое количество изобретателей, поскольку изобретения пользуются поддержкой правителей и спросом у ремесленников, торговцев и т. п. Одним из таких изобретателей был Сэмюэл Морленд (1625–1695), который, сидя во Франции, вскрывал письма англичан и сообщал их содержание сначала одному королю, потом Кромвелю и, наконец, после реставрации монархии опять новому королю. Поскольку основная его работа

¹³⁴ *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии // *Крылов А.И.* Соч. Т. VII. М.; Л., 1936. С. 3.

¹³⁵ Там же. С. 3.

заклучалась во вскрытии корреспонденции, то одно из первых его изобретений состояло как раз в приборе для незаметного вскрытия сургучных печатей. Далее он составлял таблицы для подсчета и перевода в гинеи шиллингов и пенсов, затем механизмы для усиления передаваемого звука, барометры и т. д. Но наибольшую известность получили его насосы, т. е. он выступил в качестве инженера «водяных работ». «Создание водоподъемных устройств было одной из самых актуальных технических проблем XVII в. Связано это было с развитием горнодобывающей промышленности и необходимостью подъема воды из глубоких шахт, с ростом городов, нуждавшихся в более совершенной системе водоснабжения». В 1661 г. он подает прошение королю Карлу II выдать ему патент, поскольку его приспособление работает лучше других. Это был пороховой насос. Потом он занялся совершенствованием поршневых насосов. В 1673 г. он продемонстрировал свою машину королю. Действие этого насоса было намного экономичнее, как и простота его изготовления, и требовало меньшей затраты людских усилий и времени. Насосы Морленда были установлены на кораблях королевского флота, а также в шахтах, пивоварнях и колодцах. Патент был выдан в 1675 году, но многие насосы стали устанавливать раньше. Морленду было выплачено вознаграждение морским ведомством. «Морленд, по-видимому, был достаточно умелым механиком и многие слесарные и станочные работы выполнял самостоятельно. Но пытаясь организовать производство и сбыт насосов, он не мог обойтись без помощи квалифицированных профессионалов. Поэтому он заключил соглашение с Исааком Томпсоном, «изготовителем машин (engine-maker)» и опубликовал рекламную афишу – «Перечень» («Shedule»), представляющую собой один из первых технических прейскурантов». Король приказал оснастить этими насосами королевскую резиденцию. Для убедительности был проведен эксперимент в присутствии королевского двора, который наблюдал, «как сэр Сэмюэл Морленд с помощью восьми человек заставлял воду, смешанную с красным вином (для лучшего наблюдения), подниматься от машины, установленной ниже границы парка, на вершину замка. Непрерывный поток воды с расходом, превышающим 60 баррелей в час, образовывал здесь фонтан высотой 60 футов. Это зрелище привело в восторг их величества и всех зрителей, как иностранцев, так и иных, и все единодушно пришли к заключению, что

это наиболее смелый и необыкновенный эксперимент...». После этого эксперимента король назначил изобретателя своим «мастером механики» (*magister mechanicorum*), который построил затем водоподъемную станцию на берегу Темзы по своему проекту. В 1684 г. Морленд преподносит королю Франции Людовику XIV рукопись своей книги «Подъем воды всякого рода машинами, приведенный к мере тяжести и равновесия», которая содержит «краткое описание наиболее удачных экспериментов по подъему воды». «После тщательного изучения в течение более тридцати лет, как на моделях, так и теоретически, неудачных конструкций машин, повсеместно используемых в Европе – пишет в этой книге Морленд – и имеющих множество ненужных деталей, большое трение и другие недостатки в главных своих частях, ему посчастливилось, наконец, изобрести конструкции плунжера и корпуса насоса, совершенно новые и очень простые». Книга давала простые и четкие правила вычислений для людей практики. Однако он готов, если король Франции не предложит ему работу, обратиться к Великому герцогу Тосканскому. Но Людовик откликнулся и велел выплатить ему 12 тысяч ливров для возвращения в Англию. Морленд сделал множество и других изобретений. Но «даровитый изобретатель, искусный механик становился совершенно беспомощным, когда пытался теоретизировать или обосновывать принцип действия своих приборов и машин...»¹³⁶.

Характерной особенностью экспериментального естествознания, однако, является не только и не столько то, что оно становится экспериментальным, но и то, что его ядро составляет математизированная естественнонаучная теория. Никакой эксперимент не имеет смысла, если он не является теоретически спланированным, т. е. не основывается на предварительно выдвинутой научной гипотезе, иначе говоря, если он не встроен в естественнонаучную теорию. Естественные науки, «пройдя стадию накопления первичных идеальных объектов, начинают создавать теоретическое знание за счет построения все новых систем таких объектов как бы “сверху” по отношению к практике <...> Отмеченный способ построения знаний суть метод выдвижения гипотетических моделей реальности с их последующей проверкой. Он становится основным в развитии естествознания»¹³⁷.

¹³⁶ *Полунов Ю.Л.* Сэмюэл Морленд. М., 1982. С. 54–63, 72, 75, 132.

¹³⁷ *Стёпин В.С.* Становление научной теории. Минск, 1976. С. 18.

Именно Галилей выбрал необычную для схоластической науки и ремесленной практики позицию: наука стала опираться на технически подготавливаемый эксперимент, а техника стала опираться на математические знания и модели. Он критикует, с одной стороны, схоластическую науку за преклонение перед авторитетами и невнимание к роли опыта как важнейшего средства научного доказательства. «Там, где перед нами веления природы, одинаково доступные очам рассудка каждого человека, тот или другой авторитет теряет силу убедительности, уступая место силе разума». Для Галилея даже доктрина Архимеда, признанного им самим авторитетом, только потому «истинна, так как согласуется с опытами»¹³⁸. С другой стороны, он критиковал и точку зрения «некоторых механиков-практиков, строящих иногда свои изобретения на ложных основаниях», не учитывающую научных знаний и законов при сооружении машин, которые пытаются обманывать природу, не учитывая основы ее устройства. Он считал, что именно «изучение природы последних» определяет «практическое применение наших умозрений»¹³⁹. Подобная ориентация одновременно и на инженерную практику и на математическое знание (причем получаемое строго теоретически) в значительной мере предопределила направление развития Галилеевых 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). Галилей доказал и показал, что движение будет происходить по определенной математической кривой – параболе.

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). 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 объяс-

¹³⁸ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 57, 59.

¹³⁹ Там же. Т. 2. С. 54; Т. 1. С. 16.

нить эмпирические знания о свободном падении тел. Галилей стал не только усложнять и перестраивать эти идеальные объекты, но решительно изменил и философское представление о научной теории, и прежде всего о характере и процедуре научного обоснования: он связал воедино теоретическое и опытное (экспериментальное) обоснование.

Согласно представлениям Галилея, модели и идеальные объекты теории должны объяснить 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. На основе выявленных различий, а также знания инженерных возможностей определяются технические средства и устройства, позволяющие поставить оригинал в специальные условия, в которых он ведет себя в соответствии с теоретическими представлениями. Таким образом, в процессе эксперимента объект-оригинал преобразуется в «экспериментальный» объект, представляющий собой инженерную реализацию идеального объекта (предварительно построенного в теории).

Галилей расчленяет в знании реальный объект на две составляющие: одна из них точно соответствует идеальному объекту, другая трактуется как искажение идеального поведения объекта под воздействием различных факторов, например трения. Это дает возможность Галилею изменять реальный объект, практически воздействуя на него. Если «отбросить случайные помехи, которые теоретически не принимаются в расчет», то в результате достигается «нейтрализация» его нежелательных свойств, 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). Античные и средневековые ученые, напротив, старались усовершенствовать теоретическую модель, чтобы она полностью описывала поведение реального объекта.

Описывая, например, опыты с телами, пребывающими и движущимися в воде, Галилей подчеркивает, что он «предложил способ более утонченный ..., при котором устранены все иные при-

чины опускания и неопускания на дно», а чтобы провести точный опыт, «нужно взять вещество, которому можно легко придать различную форму (чтобы не было сомнения в различии в тяжести)». Кроме того, «в высшей степени удобно брать вещество наиболее близкое по тяжести к воде», поскольку «на нем всего быстрее обнаруживается каждое малое различие, происходящее от изменения фигуры». Галилей выбирает воск, т. к. он «не пропитается водой, ему может быть придана легко любая фигура, с добавлением свинцовых опилок он становится близок по весу к воде». Этот опыт Галилей проводит для доказательства того, что «различные формы, приданные тому или другому, телу не могут быть ни в коем случае причиной его опускания на дно или поднятия на поверхность». Именно считая, что традиционно проводимый опыт, якобы доказывающий противоположный тезис, с эбонитовым шариком, который тонет, и дощечкой, которая удерживается на поверхности, является некорректным, Галилей и предлагает целый ряд условий, позволяющих соблюсти чистоту опыта. Тем самым подтверждаются экспериментально положения Архимеда, изложенные им в книге «О плавающих телах»: тела легче воды всплывают, тела тяжелее воды идут на дно, а тела, равные ей по весу, остаются во взвешенном состоянии, хотя и под водой. Далее Галилей дает почти рецептурно точное описание такого опыта: «Кто хочет произвести подобный опыт с <...> 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 заключение Галилей, убежденный в правоте своих выводов, доказанных в этом точно спроектированным им эксперименте, действительно подчеркивает, что от полученных выводов его “не отвратят опыты, могущими еще быть выставленными против”, не убедит и “авторитет Аристотеля, который во многих местах утверждает противное тому, что показывает мне опыт»¹⁴⁰.

¹⁴⁰ Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 56–66.

Для него математический объект (например, точка) всегда соотносится не только с физическим объектом (физическое тело, скажем, камень), но и с искусственно созданным техническим объектом (например, пушечное ядро)¹⁴¹. Однако Галилей их не просто соотносит, он их идеализирует, «конструируя» в теории особые идеальные объекты, которые специально конструируются в теоретическом знании как результат особого рода идеализации и схематизации экспериментальных, а следовательно, и технических объектов. Без такой идеализации было бы невозможно не только современное естествознание, но и современная инженерная деятельность. Его главная заслуга состояла, таким образом, в том, что он смог соединить новое инженерное движение с теоретической традицией, идущей от античности и развитой средневековыми философами и учеными.

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. Галилей, однако, не пренебрегает и простыми наблюдениями. Таким образом, опыт для него включает в себя три основные компоненты: во-первых, наблюдение за естественными процессами, происходящими в природе (протекающими без вмешательства человеческой деятельности)¹⁴², во-вторых, наблюдение за функционированием каких-либо искусственных сооружений, технических устройств¹⁴³, в-третьих, искусственный, инженерный опыт, т. е. теоретически спланированный и технически выполненный эксперимент¹⁴⁴.

¹⁴¹ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 124–127.

¹⁴² «Приливы и отливы, – подмечает Галилей, – поднимают воду более всего на краях, а менее всего – в их середине, как это показывает нам ежедневный опыт» (Там же. С. 526). Однако наблюдение может быть, и в науке даже должно быть, опосредовано каким-либо прибором, например телескопом.

¹⁴³ Галилей пишет о таких наблюдениях: «Я вижу, как гончары и формовщики оловянной посуды прикрепляют к их станкам весьма тяжелые колеса, чтобы они возможно долго содержали данный им напор (*impeto*); то же самое достигается во многих машинах при помощи маховиков» (Там же. С. 91).

¹⁴⁴ «Понять причину этого явления <...> очень легко, поскольку мы имеем явную их аналогию в любом искусственно изготовленном нами сосуде, в котором мы увидим естественно происходящими эти явления, если будем двигать сосуд движением не равномерным, а то ускоренным, то замедленным» (Там же. С. 526).

Необходимым условием экспериментирования для Галилея было также использование языка математики, прежде всего геометрии. Это выразилось в геометризации физического пространства – замещении конкретного пространства догалилеевской физики абстрактным пространством евклидовой геометрии. «Философия написана в величественной книге (я имею в виду Вселенную), – подчеркивает Галилей, – которая постоянно открыта нашему взору, но понять ее может лишь тот, кто сначала научился постигать ее язык и толковать знаки, которыми она написана. Написана же она на языке математики, и знаки ее – треугольники, дуги и другие геометрические фигуры, без которых человек не смог бы понять в ней ни единого слова; без них он был бы обречен блуждать в потемках по лабиринту»¹⁴⁵. Галилей практически реализовал в своей новой науке призыв Леонардо да Винчи (выразившего чаяния большинства инженеров того времени), что «механика – рай математических наук»¹⁴⁶. Развита Галилеем геометро-кинематическая схема природных явлений, подготовленная геометрическими «упражнениями» с природой художников-инженеров Возрождения, легла в основу всего последующего экспериментального естествознания. «Он создал первую систему тех идеализированных объектов, геометро-механических схем и исходных мысленных экспериментов, в работе с которыми и развертывался мир теоретической механики. Последующие теоретики – Гюйгенс, Роберваль и другие – уже имели перед собой эти предметы – инструменты и двигались в двух направлениях. Во-первых, они продолжали синтетическую и мысленно-экспериментальную работу Галилея, <...> изобретая новые механо-геометрические объекты. Во-вторых, по мере создания такого мира теоретических объектов разворачивалась аналитическая работа, в которой исследовались всеобщие условия существования таких объектов, т. е. фундаментальные законы, лежащие в основе их функционирования. Здесь проходил путь создания основ всеобщей механики»¹⁴⁷.

Новая наука заменила расплывчатые и полукачественные понятия аристотелевской физики системой жестких и строго количественных понятий. Итак, у Галилея присутствуют все три важ-

¹⁴⁵ *Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 41.

¹⁴⁶ *Зубов В.П.* Леонардо да Винчи. М.; Л., 1961. С. 212.

¹⁴⁷ *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). С. 228–229.

нейшие компоненты естественнонаучной теории, поставленные в четкое соответствие друг другу: геометрическая (математическая) схема, физические (естественнонаучные) представления природных процессов и структурная (техническая) схема эксперимента. Однако все эти компоненты присутствуют уже в существенно преобразованном, идеализированном виде.

Рассмотрим на примере доказательства возможности вращения Земли вокруг своей оси из «Диалога о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой», каким образом Галилей осуществляет переход от одного описания к другому. Представив Землю в виде вращающегося колеса, Галилей переходит к геометрическому чертежу, облегчающему решение задачи: «Итак, начертим отвесную линию, направленную к центру; пусть это будет линия *АС*. Под прямым углом к ней проведем горизонтальную линию *АВ*, по которой должно происходить движение бросания и по которой брошенное тело продолжало бы двигаться равномерным движением, если бы тяжесть не отклоняла его к низу...» и т. д. и т. п.¹⁴⁸. Здесь физические понятия и процессы у Галилея постоянно перемежаются математическими понятиями и доказательствами. Наконец, один из участников диалога восклицает: «надо признаться, что попытка трактовать естественные проблемы без геометрии есть попытка сделать невозможное»¹⁴⁹.

Далее Галилей возвращается к технической по сути модели колеса, которая в принципе может быть воспроизведена в реальной экспериментальной ситуации, хотя для мысленного экспериментирования¹⁵⁰ и нет в этом особой необходимости: «...раз скорость вращения Земли больше скорости вращения любой машины, которую мы можем искусственно вращать, то соответственно и отбрасывание камней, животных и т. д. должно быть чрезвычайно сильным»¹⁵¹. (Речь идет об аргументе против вращения Земли вокруг своей оси: в этом случае все находящиеся на ее поверхности предметы были бы сметены.) Далее Галилей ставит следующий мысленный эксперимент – сравнивает на геометрическом чертеже

¹⁴⁸ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 298.

¹⁴⁹ Там же. С. 302.

¹⁵⁰ Известно, что Галилей многие из своих экспериментов вообще никогда не осуществлял, но приводимые им описания проектны и, следовательно, осуществимы.

¹⁵¹ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 311.

вращение двух колес (маленького и большого). При этом при переходе от искусственной, технической модели к объяснению естественного, природного явления получается принципиально новый вывод, идущий в разрез с первоначальным: «Таким образом, можно считать, что вращение Земли способно отбросить камни не в большей мере, чем любое иное малое колесо, вращающееся столь медленно, что в 24 часа оно совершает всего лишь 1 оборот»¹⁵².

На возражение о том, что его доказательство («сфера касается плоскости только в одной точке») относится лишь к сферам абстрактным, Галилей отвечает следующим образом. Его оппонент, Симпличио, утверждает, что найти такую материальную сферу очень трудно: во-первых, из-за пористости вещества и, во-вторых, из-за того, что «когда металлическая сфера положена на плоскость, ее собственный вес давит так, что она несколько поддается или же сама сфера при соприкосновении сплющивается». Тогда Галилей говорит: «О, все это я охотно допускаю, но это весьма далеко от нашей темы. Желая показать мне, что материальная сфера соприкасается с материальной плоскостью не в одной точке, вы пользуетесь сферой, которая не есть сфера, и плоскостью, которая не есть плоскость, поскольку, по вашим словам, или этих вещей в мире нет, или если они и есть, то они портятся при применении их к делу. Было бы, значит, правильнее принять заключение, хотя бы условно, а именно, что если бы в природе существовали и сохранились без изменения совершенные сферы и плоскости, то они соприкасались бы в одной единственной точке, а затем уже отрицать возможность этого в действительности»¹⁵³. Здесь налицо идеализация природных (реальных) объектов, «подгонка» их Галилеем под математическую (геометрическую) схему.

Симпличио на это опять возражает: «Думаю, что положение философов нужно понимать именно в этом смысле, потому что, несомненно, несовершенство материи является причиной того, что вещи, взятые конкретно, не соответствуют вещам, рассматриваемым в абстракции». Тогда Галилей восклицает: «Как не соответствуют? Наоборот, то, что вы сами сейчас говорите, доказывает, что они в точности соответствуют»¹⁵⁴. Таким образом, получаются

¹⁵² *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 317.

¹⁵³ Там же. С. 306.

¹⁵⁴ Там же.

идеально-реальные, природно-математические синкретические объекты, т. е. природные объекты, «внутри» которых скрыта математическая (геометрическая) схема. По этому поводу Галилей замечает следующее: «Из-за несовершенства материи то тело, которое должно быть совершенно сферичным, и та плоскость, которая должна быть совершенно плоской, конкретно не оказываются такими, какими вы их представляете 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 в одной точке, 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 Симпличио, 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 punkto*¹⁵⁵, весьма далека от сути дела»¹⁵⁶.

Кроме того, такие объекты получают инженерным, техническим путем. Есть инженерные, технические способы приблизить несовершенные («выпирающие» из совершенной геометрической формы) природные объекты к идеальным, математическим, совершенным. Это – шлифовка, выбор неподдающегося

¹⁵⁵ Бронзовая сфера не касается в точке.

¹⁵⁶ Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 307.

деформации материала и т. п., позволяющие сделать искусственно естественные объекты, для которых можно пренебречь незначительным отклонением от идеальной формы. Здесь явный отход от принципов отлученной от математики аристотелевской физики, обреченной изучать несовершенные, «выпирающие» из идеальной формы земные тела.

Несомненно, что в своих абстрактных рассуждениях Галилей опирается на существовавшую в его время инженерную 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»¹⁵⁷.

Проиллюстрируем на конкретном примере доказательства шероховатости Луны в «Диалоге о двух системах мира», как Галилей осуществляет этот переход от физической (естественнонаучной) проблемы к решению математической задачи на геометрическом чертеже далее к подтверждению полученного теоретически результата на структурной схеме эксперимента.

Симпличио утверждает, что Луна является гладкой, просто ее отдельные участки являются более темными. (Важно не забыть, что шероховатость Луны была открыта Галилеем с помощью телескопа, т. е. технически подготовленного экспериментального оборудования.) Опровергая утверждение Симпличио, Галилей переходит от описания реальной поверхности к идеальному объекту и устами Сальвиати сообщает следующее: «Стремясь понять это явление в целом, примите во внимание, что если поверхность этой стены шероховата, то это означает, что она образована из бесконечного количества очень маленьких поверхностей, расположенных с бесконечным разнообразием наклонов, причем все они отражают множество лучей в самых разнообразных направлениях»¹⁵⁸. Также и Луна, имея шероховатую и негладкую

¹⁵⁷ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 332.

¹⁵⁸ Там же. С. 175. Здесь Галилей фактически сконструировал новый абстрактный (идеализированный) объект – поверхность, образованную из бесконечного количества очень маленьких поверхностей, расположенных с бесконечным разнообразием наклонов. Еще ближе к этому представлению описание данного

поверхность, отражает солнечный свет во все стороны и остается для любого наблюдателя всегда светлой. Здесь Галилей апеллирует не просто к наблюдению, созерцанию, очевидности (ведь чувственный опыт может и обманывать, показывать обратное), а к ремесленной практике, говоря, что также и бриллианты выделяются со многими гранями, а отшлифованная сталь под некоторыми углами зрения кажется блестящей, а под другими, наоборот, – темной. Опирается он и на опыт художников: «известно, что различные точки зрения при рассматривании шлифованных поверхностей порождают такие световые различия, что для подражания и изображения в живописи, например, шлифованного панциря, нужно раскладывать беспримесные черные и белые краски одну рядом с другой на тех частях этого вооружения, куда падает прямой свет»¹⁵⁹.

Наконец, Галилей приводит решающий для него аргумент – искусственная невозпроизводимость наблюдаемых на естественном объекте (Луне) природных явлений с помощью специально изготовленного гладкого шара и такая их воспроизводимость с помощью шара с шероховатой поверхностью, имитирующего горы на Луне. Из всех «различных явлений, которые каждый вечер наблюдаются во время прохождения Луны, вы ни одного не сможете воспроизвести, сделав по своему усмотрению шар с гладкой поверхностью из более или менее просвечивающих или не просвечивающих частей, тогда как, обратно этому, из любой прочной и непросвечивающей материи можно сделать такие шары, которые одними только возвышениями и углублениями при различном освещении представляют в точности те самые виды и изменения, которые ежечасно наблюдаются на Луне»¹⁶⁰. Не следует, однако, забывать, что Галилей сделал свое открытие возвышенностей и впадин на Луне с помощью сконструированного и изготовленного им самим «инструмента для наблюдения» – телескопа.

идеализированного объекта дано в другом трактате Галилея «Пробирных дел мастер»: «Если поверхность не ровная, а волнистая и изобилует возвышениями и впадинами», то она «как бы составлена из великого множества маленьких зеркал, расположенных под различными наклонами и видимых в тысячах различных ракурсах» (*Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 121).

¹⁵⁹ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 1. С. 177.

¹⁶⁰ Там же. С. 185.

Исходя из нового научного метода, Галилей фактически воплотил в реальную конструкцию фантазии Роджера Бэкона¹⁶¹ и «проекты» Леонардо да Винчи. Однако для «Леонардо и де ля Порта зрительная труба была одним из фокусов “натуральной магии”, вроде камеры-обскуры и “магических” зеркал. Галилей передает в полном соответствии с действительностью, с какой неслыханной быстротой он сумел по одному намеку найти схему трубы, усовершенствовать ее, и без промедления реализовать основные применения ее»¹⁶².

Зрительные трубы, называвшиеся «новыми очками», были созданы в 1608 г. голландскими мастерами-оптиками, но они были еще очень несовершенны и имели отрицательные отзывы о возможности их использования. Галилей же сразу понял практическое значение этих инструментов и их удобство как на суше, так и на море. Он следующим образом описывает свое изобретение – перспективу¹⁶³, «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 и 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

¹⁶¹ Р.Бэкон говорит об обработке линз и создании инструмента, при помощи которого отдаленные предметы покажутся близкими и наоборот.

¹⁶² Такова предельно точная характеристика этого открытия, данная С.И. Вавиловым. (См.: *Гуриков В.А.* Становление прикладной оптики XV–XIX вв. М., 1983. С. 20).

¹⁶³ Так сначала назывался телескоп.

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»¹⁶⁴.

Галилей признавал приоритет голландских мастеров, но в отличие от «фламандской перспективы», которая была результатом случайной находки, традиционного для ремесленной технической деятельности метода проб и ошибок, его телескоп был детищем науки, результатом ее сознательного применения. Для создания и усовершенствования данного экспериментально-технического устройства, изобретения, в конечном итоге перевернувшего имевшиеся тогда представления о Вселенной, он использовал все известные к началу XVII столетия знания оптики¹⁶⁵. «Рассуждал я следующим образом, – писал Галилей. – У этого устройства непременно должно быть либо одно, либо более чем одно стекло. Оно не может состоять из одного стекла, ибо форма последнего непременно была бы либо выпуклой, т. е. более толстой в середине, чем по краям, либо вогнутой, т. е. более тонкой в середине, либо оно должно быть заключено между параллельными поверхностями. Но последняя из названных (форм) не изменяет видимые предметы увеличивая или уменьшая их; вогнутое (стекло) уменьшает их, а выпуклое увеличивает их, давая сильно искаженное и неясное изображение. Следовательно, для получения требуемого эффекта одного стекла недостаточно. Переходя затем к двум стеклам и зная, что стекло с параллельными поверхностями, как уже было сказано, ничего не изменяет, я пришел к выводу, что сочетание его с любым из двух других не дает желаемого эффекта. Поэтому мне оставалось выяснить, что даст сочетание выпуклого стекла с во-

¹⁶⁴ Гуриков В.А. Становление прикладной оптики XV–XIX вв. С. 18–19.

¹⁶⁵ «Ныне доподлинно известно, – писал Галилей, – что голландец, который впервые изобрел зрительную трубу, был простым мастером, изготовлявшим обыкновенные очки. Перебирая стекла разных сортов, он случайно посмотрел через два стекла сразу, одно выпуклое и одно вогнутое, находившиеся на различных расстояниях от глаз. Он заметил возникающий при этом эффект и таким образом открыл инструмент. Я же, побуждаемый упомянутым выше известием, открыл то же самое путем рассуждений» (*Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 81).

гнутом, и <...> именно оно и дало то, что я искал¹⁶⁶. Так я шел к моему открытию и сознание того, что мое заключение правильно, ничуть не помогло мне»¹⁶⁷. Далее Галилей справедливо утверждает, что предварительное знание эффекта, т. е. результата, который должен быть получен, не облегчает решения задачи. Он фактически решал инженерную задачу, где всегда предварительно заданы технические требования к продукту и необходимо лишь построить техническое устройство, реализующее данные требования.

Работы Галилея создали почву для формирования образцов, с одной стороны, экспериментального метода, а с другой – инженерного мышления и деятельности, уже не только в сфере теории, но и на практике.

Ньютон также был сторонником решающего значения экспериментального изучения природы как методологической установки научного познания не только на словах, но и на деле – описываемые им эксперименты по большей части были не только хорошо задуманными проектами, но и реально тщательно проведенными опытами. «Опыты Ньютона отличались поразительной точностью и стремлением количественно фиксировать характер наблюдаемых процессов. В этом отношении классическим произведением является “Оптика”, и особенно ее вторая книга, где Ньютон излагает результаты своих экспериментов с тонкими прозрачными пластинками»¹⁶⁸.

Приведем описание одного из таких оптических опытов, проведенного Ньютоном, в результате которого была открыта дисперсия (рассеяние) света. Прорезав в ставне затемненной комнаты

¹⁶⁶ Вогнутое стекло является наиболее важной частью телескопа, поскольку его держат непосредственно вблизи глаза и «лучи сквозь него проходят в конце пути», «хотя выпуклая линза собирает лучи, вогнутое стекло делает их расходящимися и порождает обращенный конус». «Если бы ты попытался поймать лучи, проходящие через оба стекла телескопа., то увидел бы, что в то время, как последние собираются в одной точке, первые расходятся бесконечно <...> Это очень хорошо видно на опыте при получении изображения Солнца на листе бумаги, например при наблюдении за солнечными пятнами. По мере того, как конец телескопа отодвигается все дальше и дальше, конус лучей описывает на листе все более широкий круг, и, чем шире такой круг, тем менее ярк он по сравнению с остальной частью листа, на которую попадают прямые солнечные лучи». Причем, «чем больше кажется предмет через вогнутое стекло, тем темнее его изображение» (*Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 76).

¹⁶⁷ *Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 81–82.

¹⁶⁸ *Гайдено П.П.* Эволюция понятия науки (XVII–XVIII вв.). С. 246.

круглое отверстие, он поместил вплотную позади отверстия призму, а на определенном расстоянии от нее – экран для получения солнечного изображения. На экране получился цветной спектр с прямолинейными сторонами и закругленными углами, ширина которого соответствовала видимому диаметру солнечного диска, «длина же была впятеро больше той, которая должна была бы получиться без дисперсии света. Затем Ньютон постарался определить, была ли дисперсия света случайным явлением или же оно необходимо связано с преломлением света в призме. После того, как в результате многочисленных опытов последнее подтвердилось и вместе с тем было доказано, что после преломления лучи снова распространяются прямолинейно, Ньютон пришел к убеждению, что белый солнечный свет состоит из цветных лучей, что каждый различно окрашенный луч отклоняется при преломлении на различную величину, и что, следовательно, благодаря преломлению многоцветный свет, обычно собранный в белый, разлагается и отбрасывается на различные места экрана. Но если это так, то различные окрашенные лучи должны иметь даже в одних и тех же средах различные показатели преломления; красные, судя по положению в спектре, должны всегда преломляться слабее всех прочих, а фиолетовые, наоборот, сильнее. Эти выводы Ньютон постарался подтвердить экспериментально, и опыт, приведший его к цели, который он вместе с тем считал вообще решающим для теории дисперсии, он назвал *experimentum crucis*» – решающим экспериментом.

Опыт состоял в следующем: за призмой находился экран с очень маленьким отверстием, другой экран с таким же отверстием стоял в 12 футах позади нее, после чего помещалась вторая призма и воспринимающий экран. «Поворачивая первую призму около преломляющего ребра, Ньютон мог пропустить через отверстие первого экрана любой из спектральных цветов; отверстие во втором экране еще более очищало избранный свет, так что на вторую призму падал свет уже почти однородный. При этом, как он и ожидал, оказалось, во-первых, что вторая призма уже почти не рассеивает цветов, и, во-вторых, что показатель преломления постепенно возрастает от красного цвета к синему. Когда таким образом выяснилось, что каждому цвету соответствует особый показатель преломления (и наоборот), то далее предстояло определить эти по-

казатели в отдельности, но для этого нужно было раньше точно отграничить отдельные цвета. По теории Ньютона спектр состоит из отдельных различно окрашенных круглых пятен соответственно различной преломленности лучей; но так как края спектра были прямолинейны, то Ньютон решил, что спектр составляется из бесконечно большого числа кругов и что, следовательно, имеется бесконечно большое количество цветов, постепенно переходящих друг в друга»¹⁶⁹.

Ньютон придавал этому эксперименту действительно решающее значение и недоумевал, почему повторение его опыта не приводит к аналогичным результатам. Тогда он предположил, что наблюдения ведутся при слишком широком отверстии, вследствие чего вместо спектра получаются цветные каймы, а побочный спектр (вследствие отражения от боковых поверхностей призмы) принимается за главный, получаемый из-за преломления. Такого рода эксперимент требовал особого искусства и точности, поэтому небрежность в его проведении не приводила к ожидаемым результатам. Мариотт, например, недостаточно тщательно отделил лучи и поэтому не нашел фиолетовых лучей однородными. «Наконец, за несколько лет до смерти Ньютона венецианец Рицетти заявил, что он повторил все опыты Ньютона и нашел их все без исключения неудовлетворительными». А воспроизводимость эксперимента является в экспериментальном естествознании необходимым условием его доказательности и вообще научности. «Лейпцигский профессор Г.Ф. Рихтер отвечал ему, что виноват тут не Ньютон, а его собственное неумение и невнимательность», а оксфордский профессор и искусный экспериментатор Дезагюлье неопровержимо доказал в 1728 г. правоту Ньютона¹⁷⁰.

Результаты открытия дисперсии света Ньютон использовал для объяснения радуги, а также применил в теории и практике создания телескопов. Показав, что искажение изображения в телескопах связано главным образом с дисперсией света, он разработал совершенно новую конструкцию – отражательный телескоп.

Сама идея изобретения была простой, а о свойстве вогнутых зеркал давать увеличенное изображение предметов было давно известно. Однако на пути реализации этой идеи было много тех-

¹⁶⁹ Розенбергер Ф. История физики. Ч. 2: История физики. М.; Л., 1937. С. 163–164.

¹⁷⁰ Там же. С. 169.

нических трудностей. Требования к качеству шлифовки зеркальной поверхности были в этом случае очень высокими и лежали за пределами возможностей существовавшей тогда технической практики. «Ньютон придумал способ полировки металлической поверхности, занялся поисками подходящих сплавов и добился успеха»¹⁷¹. Он сам конструирует модель такого телескопа и затем несколько раз усовершенствует ее, работая фактически как изобретатель и конструктор: этот инструмент – «результат кропотливого труда. Его каждая деталь продумана и изготовлена»¹⁷².

Ньютон разработал также новую технологию изготовления – полировки – металлических зеркал и описал этот сложный технологический процесс. «Полировка, которой пользовался я, была такого рода. Я имел две круглых медных 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 сохранить 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 охладилась, 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 подсыхая свежей золы»¹⁷³.

¹⁷¹ Погребысская Е.И. Оптика Ньютона. М., 1981. С. 46.

¹⁷² Гуриков В.А. Становление прикладной оптики XV–XIX вв. М., 1983. С. 50.

¹⁷³ Там же. С. 87.

На примере Ньютона интересно заметить, что в новой экспериментальной науке ученые усваивали методы работы ремесленников, постепенно совершенствуя их и поднимая на недостижимую высоту. Ньютон в «Оптике» с гордостью отмечает: «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»¹⁷⁴. Ученые создавали образцы для подражания ремесленникам-техникам и тем самым тиражировали новый стиль научно-инженерного мышления и деятельности в их среду. Но одновременно и техническое отношение к экспериментальной деятельности укоренялось в среде ученых. «Так как ремесленники удовольствуются в работе лишь малой степенью точности, то образовалось мнение, что механика тем отличается от геометрии, что все вполне точное принадлежит геометрии, менее точное относится к механике. Но погрешности заключаются не в самом ремесле или искусстве, а принадлежащей исполнителю работы: кто работает с меньшей точностью, тот – худший механик, а если бы кто-нибудь смог исполнить изделие с совершеннейшей точностью, тот был бы наилучшим из всех механиков <...> В этом смысле рациональная механика есть учение о движениях, производимых какими бы то ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное»¹⁷⁵.

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 Ричи, принадлежащего к школе Тарталья.

¹⁷⁴ *Ньютон И.* Оптика, или Трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.; Л., 1927. С. 87.

¹⁷⁵ *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. С. 2.

Восприняв от него интерес к технической практике, Галилей постоянно в течение всей своей жизни поддерживал с инженерами самую тесную связь¹⁷⁶.

Галилей был одним из творцов этой новой науки, ориентированной на технические нужды. Именно он впервые установил четкие отношения между научными знаниями и объектами практики. Его фундаментальный труд «Беседы и математические доказательства» начинается с описания знаменитого венецианского арсенала: «Обширное поле для размышления, думается мне, дает 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 нисколько 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»¹⁷⁷. Однако наука Галилея не столько результат соединения рассуждений ученых с методами инженеров и техников-ремесленников, сколько результат глубокой теоретической работы, поскольку главную роль в становлении новой науки сыграл теоретически спланированный эксперимент, а не простые наблюдения за природой и опыт инженерной работы. Впрочем, и в самой физической теории и в физическом эксперименте Галилей использует стилизованные технические аналогии и устройства. Достаточно вспомнить, что в его знаменитом эксперименте с бросанием шарика по наклонной плоскости используется одна из простых машин, а именно «наклонная плоскость».

Атмосфера социальной необходимости технических инноваций, создавшаяся в это время в Италии, подогривала многих так или иначе пробовать свои силы на изобретательской ниве. Не обо-

¹⁷⁶ White L. Pump and Pendulum; Galileo and Technology // Galileo Reappraised. Berkeley; Los Angeles, 1966. P. 96–110.

¹⁷⁷ Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 116.

шла 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 Венецианской республике, и Галилей поддерживал постоянные контакты с венецианским арсеналом. Галилей постоянно подчеркивал практическую направленность своих умозрений. В предисловии к «Рассуждению о телах, плавающих в воде, и о тех, которые в ней движутся» он, например, отмечает, что его труд небесполезен «и для постройки мостов или иных сооружений над водами»¹⁷⁸. 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 казалась абсурдной – труд должен быть построен по канонам «чистой» доказательной науки типа евклидовой геометрии. Галилей, однако, не просто следует Архимеду: «Сам Архимед научил меня удовлетворять свой разум только тем, в чем убеждают меня рассуждения, а не только авторитет учителя...»¹⁷⁹. Он действует в теории иным путем – инженерным, тем, которым действовал Архимед на практике, но который не допускал в науку. Галилей подчеркивал, что выводы Архимеда он постарается «подтвердить иными методами и иными средствами», т. е. «инженерно организованным опытом», например, экспериментами с сосудами из воска с зернышками свинца.

Привлекает он для своих доказательств и критически анализирует также инженерный опыт, например, полученный в артиллерии.

Отстаивая свою правоту и критикуя оппонента Галилей пишет в «Пробирщике»: «Я верю синьору Торторе, что железный шар, покрытый свинцом, на батарее города Корьель не наносил особого урона неприятелю и что железное ядро оказалось испорченным свинцом. Я не верю другой части [утверждения синьора Торторе], относящейся к физике, – о том, что свинец плавится и вследствие этого железный шар утрачивает в полете свою свинцовую оболочку. Думаю, что, получив могучий импульс от пушки, выстрелившей ядром в стену, свинец с той стороны, которая оказалась сжатой между крепостной стеной и внутренним железным шаром, был смят и разорван на куски и что практически то же произо-

¹⁷⁸ *Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 43.*

¹⁷⁹ Там же.

шло и с противоположной стороны ядра, сплюсненной о железо, и свинец, разорванный в клочья и деформированный, разлетелся во все стороны. <...> Я утверждаю следующее. Если мы примем во внимание, сколько времени проходит, пока ядро, вылетев из жерла пушки, покрывает расстояние, отделяющее его от стены, и что должно произойти за столь короткий промежуток времени, дабы заставить свинец расплавиться, то было бы в высшей степени замечательно, если бы кто-нибудь вздумал настаивать после этого, будто такой эффект несмотря ни на что существует. Время полета [пушечного ядра] короче, чем один удар пульса, и за столь короткое время должно произойти трение о воздух, которое воспламенит его и наконец расплавит свинец. Но даже если мы мысленно поместим то же самое свинцовое ядро внутрь раскаленной печи, то и тогда оно не успеет разрушиться даже за двадцать ударов пульса. <...> Кроме того, опыт учит нас, что шарик из воска, если им выстрелить из мушкета, пробивает доску. Это свидетельствует о том, что шарик не успевает разрушиться в воздухе»¹⁸⁰.

Также и технические явления в экспериментальном оборудовании играют в естественной науке решающую роль, а большинство физических экспериментов является искусственными. Искусственность технических устройств, используемых в естественнонаучном эксперименте, заключается в том, что они являются продуктами человеческой деятельности. Их естественность обнаруживается прежде всего в том, что все искусственные объекты, в конечном счете, создаются из естественного (природного) материала.

Между естественнонаучными экспериментами и техническими процессами нет большой разницы. Естественнонаучные эксперименты являются артефактами, а технические процессы – фактически видоизмененными природными процессами. Опыт современной естественной науки – это аппаратный опыт, а эксперименты состоят из искусственных ситуаций. Осуществление эксперимента – это деятельность по производству технических эффектов, которая может быть отчасти квалифицирована как инженерная, т. е. как конструирование машин, как попытка создать искусственные процессы и состояния, однако с целью получения новых научных знаний о природе или подтверждения научных законов, а не ис-

¹⁸⁰ *Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. С. 214–216.

следования закономерностей функционирования и создания самих технических устройств. Поэтому, указывая на инженерный характер физического эксперимента, не следует при этом упускать из вида тот факт, что и современная инженерная деятельность была в значительной степени видоизменена под влиянием развитого в науке Нового времени мысленного эксперимента.

Естественнонаучный эксперимент – это не столько конструирование реальной экспериментальной установки, сколько прежде всего идеализированный эксперимент, оперирование с идеальными объектами и схемами. Например, Галилей был не только изобретателем и страстным пропагандистом использования техники в научном исследовании, но он также переосмыслил и преобразовал техническое действие в физике. Быстрое расширение сферы механических искусств «обеспечило новые контролируемые, почти лабораторные ситуации, в которых он мог одним из первых наблюдать естественные явления <...> нелегко различимые в чистом состоянии природы»¹⁸¹. Цель физики – изолировать теоретически предсказанное явление, чтобы получить его в чистом виде. Вот почему физические науки открыты для применения в инженерии, а технические устройства могут быть использованы для экспериментов в физике.

Аналогично и для решения инженерных задач средствами математики технические системы необходимо объективировать – рассмотреть в виде естественных объектов, независимо от человеческой деятельности, практики, т. е. переформулировать инженерную задачу в естественнонаучную проблему. Анализируя в «Механике» простейшие технические системы – простые машины, например, винт¹⁸², – Галилей рассматривает в первую очередь их природу. «Итак, являясь великолепнейшим и полезнейшим изобретением, винт заслуживает того, чтобы мы потрудились над наиболее ясным объяснением его происхождения и природы; а для

¹⁸¹ White L. Pump and Pendula: Galileo and Technology. P. 110.

¹⁸² По оценке Галилея, винт из всех созданных человеком орудий занимает «первое место по замыслу и по полезности», поскольку «искусно приспособлен не только для того, чтобы перемещать, но и для того, чтобы удерживать и с огромной силой сжимать». Он «устроен так, что занимая ничтожнейшее место» совершает действия, «возможные для других орудий только в том случае, если они превращены в большие машины» (См.: *Галилео Галилей. Избр. тр.:* в 2 т. Т. 2. С. 28).

этого начнем с рассмотрения, которое хотя и покажется, на первый взгляд, несколько далеким от рассматриваемого орудия, тем не менее является его основанием»¹⁸³.

Далее Галилей переходит к рассмотрению естественных движений тяжелых тел, на некоторое время не принимая в расчет того, что речь идет в сущности об искусственном объекте. «Нет ни малейшего сомнения, – пишет он, – что основное естественное свойство движения тяжелых тел состоит в том, что любое тяжелое тело, будучи свободным, стремится двигаться к по направлению к центру не только по перпендикулярной линии (к горизонту), но, если иначе невозможно, то и на любой другой, которая имея небольшой наклон к центру, идет постепенно опускаясь». Наблюдение за поведением жидких тел, например воды, подтверждает этот тезис: «вода, находящаяся на какой-либо возвышенности, не только падает по перпендикуляру вниз, но и растекается по поверхности Земли вдоль линий, имеющих хотя бы самый незначительный наклон». Затем Галилей экстраполирует результаты наблюдения за течением воды в реках с даже минимальным уклоном на твердые тела: «То же самое явление, как оно наблюдается у жидких тел, также проявилось бы и у твердых, если бы только их формы и другие случайные и внешние помехи не препятствовали этому».

Однако в данном случае мешают случайные и внешние помехи, которые, однако, могут быть устранены искусственным путем: «Имей мы очень чистую и отполированную поверхность, такую, скажем, как поверхность зеркала или абсолютно круглого и гладкого шара из мрамора, стекла или какого-либо другого подобного им, пригодного для полирования материала, то твердое тело, помещенное на эту поверхность, если о только у нас есть небольшой, даже минимальный уклон, пришло бы в движение». То же самое тело оставалось бы в покое только на такой поверхности, «которая оказалась бы точнейшим образом выравненной и равностоящей от плоскости горизонта. Такой поверхностью могла бы быть, например, поверхность замершего озера или пруда, на котором сферическое тело оставалось бы неподвижным, но со склонностью быть приведенным в движение любой малейшей силой». Таким образом, на такого рода отполированной плоскости, если у

¹⁸³ *Галилео Галилей. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 28.*

нее будет даже минимальный уклон, шар самопроизвольно устремился бы в сторону уклона. В то же время если этот шар обладает сопротивлением, его нельзя сдвинуть с места в сторону наклонной части не прилагая усилий. Резюмируя, можно сказать, что на тщательно выравненной (искусственным путем) поверхности шар (также искусственно изготовленный из подходящего для этого материала) «оставался бы безразличным и как бы в сомнении между покоем и движением, но малейшей силы может оказаться достаточно, чтобы привести его в движение, и, наоборот, малейшее сопротивление, даже сопротивление воздуха, может удержать его в неподвижном состоянии»¹⁸⁴.

Переходя от описания функционирования технической системы к естественному движению природного объекта, Галилей конструирует идеализированный объект физической теории, а на его основе – экспериментальную ситуацию, созданную искусственным путем. На основе этого исследования Галилей формулирует уже не подлежащую сомнения аксиому: «Тяжелые тела, если удалить все внешние и случайные помехи, могут быть перемещаемы в плоскости горизонта любой самой незначительной силой». Однако, чтобы втолкнуть тяжелое тело по наклонной плоскости вверх, потребуются большие усилия, поскольку в этом случае движение направлено в противоположном направлении. Чем больше наклон этой плоскости, тем больше требуется усилий, причем наибольшее сопротивление возникнет при поднятии этого тела вверх по перпендикуляру. Эту мысль Галилей поясняет на чертеже геометрической схемой. Очевидно, что для перемещения данного груза в горизонтальном направлении никакой ощутимой силы не требуется. Наконец, Галилей возвращается к винту, утверждая, что он представляет собой «треугольник, обернутый вокруг цилиндра», из чего «становится понятно, как, делая винт с более частыми спиралями, удастся сделать его ловчее, ибо он обращается плоскостью менее наклонной, длина которой в большей пропорции превосходит высоту». В заключение Галилей со свойственной ему, как ученому, тягой к обобщениям формулирует соображение, необходимое для всех механических орудий: насколько больше их выигрыш в силе, настолько же они проигрывают во времени и в быстроте¹⁸⁵.

¹⁸⁴ *Галилео Галилей*. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. С. 28–29.

¹⁸⁵ Там же. С. 30–34.

Именно так обращается Галилей как инженер-теоретик с естественными объектами и как ученый-практик с искусственными объектами. «Поэтому Галилей по отношению к наблюдателям природы скорее практик, который разрушает и перестраивает естественный предмет, чтобы в искусственно организованном явлении обнаружить всеобщий принцип, по отношению же к практике – скорее наблюдатель, видящий в техническом процессе не конечную и частную цель, которая в нем достигается, а всеобщий закон, который в нем обнаруживается»¹⁸⁶. Например, задавшись вопросом, почему в проливах течение быстрее, чем на открытых местах, он начинает с наблюдения за функционированием инженерных сооружений – каналов, преследуя при этом не инженерные, а естественнонаучные цели. Галилей стремится «понять причину сильных течений, возникающих в узком проливе», а в конечном счете, и доказать вращение Земли. При этом он переносит полученные при наблюдении искусственных сооружений выводы на естественные, природные процессы, мыслит как ученый-естествоиспытатель. Но он не просто разрабатывает более строгие научные понятия, но и конструирует особую идеализированную плоскость рассуждения, идеализированный мысленный эксперимент, как проект реального эксперимента, т. е. особое идеализированное представление природных объектов, которое затем может быть практически реализовано в эксперименте с помощью устранения побочных влияний и помех техническими средствами. Таким образом, в естественнонаучной теории и эксперименте Галилей мыслит и действует как инженер, поскольку в экспериментальном естествознании ученый должен не только построить логически удовлетворительную теоретическую схему, объясняющую и предсказывающую ход развития того или иного природного явления и процесса, но и сконструировать практическую экспериментальную ситуацию, воспроизводящую это явление искусственно, в наиболее чистом виде, отвлекаясь от второстепенных черт, и проверяющую достоверность выбранной теоретической схемы. Поэтому среди ученых-естествоиспытателей было так много людей с инженерным прошлым, а исследовательские технологии зачастую становятся основой промышленных технологий¹⁸⁷.

¹⁸⁶ Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). С. 217.

¹⁸⁷ Исследовательские технологии, в свою очередь, переходят в сферу инженерной практики (см.: Zur Geschichte von Forschungstechnologien: Generizität, Interstitialität und Transfer / Hrsg. von Klaus Hentschel. Diepholz; Berlin; Stuttgart, 2012).

Глава 5

От простого к сложному: от классического естествознания к техническим наукам*

Проблема соотношения простого и сложного пронизывает всю историю человечества, в особенности историю философии и науки. Древнегреческие философы искали основания данного нам в ощущениях сложного мира в простых рациональных конструкциях, сводя их к атомам, как Демокрит, гомемериям, как Анаксагор, апейрону, как Анаксимандр. Но проблема эта касалась не только мира природного, естественного, но и мира искусственного. Именно из этого убеждения свести сложное к простому сформировалась античная теория «простых машин», изложение которой мы находим у Аристотеля, Архимеда и, наконец, Герона Александрийского. Именно эти авторы оказали влияние на представление о машинах в эпоху Возрождения и в Новое время. Их наследие начинает обсуждаться на разные лады тогдашними мастерами, инженерами, конструкторами машин, которыми, правда, руководили уже иные, чем раньше, практические задачи. Машины становятся достаточно сложными и их расчет требует построения моделей, но знания, полученные на этих моделях, не всегда просто и автоматически применяются при переходе к иным размерам и реальным конструкциям.

* Впервые опубликовано: Философия науки. Вып. 18. М., 2013. С. 10–29.

Теория «простых машин» у Галилея как средство объяснения и оценки работы сложных машин

Герон Александрийский перечисляет пять простых машин: ворот, рычаг, блок, клин и винт. Они становятся элементарными строительными блоками всех сложных машин.

Галилей добавляет к ним еще наклонную плоскость. Эти простые машины становятся теперь теоретическими конструктами, из которых составляются более сложные конструкции (см. рис. 12).

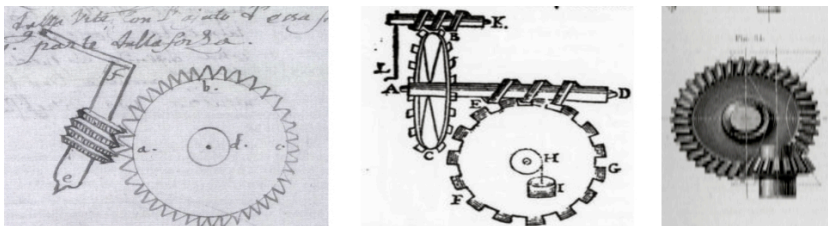


Рис. 12. Чертеж Галилея: соединение колеса, винта и ворота в более сложную машину – бесконечный винт, или червяк (слева и в середине)¹⁸⁸. Для сравнения справа дано изображение подобной системы передачи движения в механизме в «Теоретической кинематике» германского инженера Франца Рело¹⁸⁹

Одним из наиболее характерных примеров является маятник. Еще до развития Галилеем физической теории качания маятника его применяют в некоторых машинах, например, в механической приводной пиле с тяжелым якорным маятником, как его описывает французский инженер Жак Бессон (Jacques Besson) в своем труде «Театр инструментов и машин» (*Theatrum instrumentorum et machinarum*), опубликованном в 1578 г. (см. рис. 11)¹⁹⁰. Но у Галилея маятник – это не просто инструмент для приведения в движение машинного механизма, а идеализированный объект естественнонаучной теории – математический маятник, с помощью которого он открыл за-

¹⁸⁸ Valleriani M. Galileo Engineer. Springer, 2010. P. 107. http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?step=thumb&dir=galiil_mecha_047_fr_1634

¹⁸⁹ Reuleaux F. Lehrbuch der Kinematik. Vol. 2. Braunschweig, 1875. S. 85.

¹⁹⁰ Lefevre W. Galileo Engineer: Art and Modern Science // Science in Context. Vol. 14. Iss. S1. June 2001. P. 11–27. Fig. 1. P. 21.

кон колебания маятника – независимость периода колебания при малых амплитудах (изохронизм). Хотя и инженеры этого времени уже дают образцы «нового способа мышления, который культивируется со времени эпохи Возрождения: математические принципы могли применяться для разработки новых машин и новых технических достижений»¹⁹¹. В своем трактате «Беседы и математические доказательства» Галилей использует математический маятник для объяснения самых различных физических явлений, связанных с движением: даже если оба шара – свинцовый и пробковый – «начнут свой путь в одно и то же время, однако пробковый, будучи отклонен в сторону на тридцать градусов, должен будет проходить дугу в шестьдесят градусов, а свинцовый, отведенный только на два градуса, – дугу в четыре градуса? Не окажется ли в таком случае скорость пробки большею? А опыт показывает, что так и произойдет. Заметьте себе следующее: если мы отведем свинцовый маятник на пятьдесят градусов от отвеса и отпустим его на свободу, то он, перейдя за отвес, пройдет дугу также приблизительно в пятьдесят градусов, и всего опишет дугу почти в сто градусов; возвратившись, он второй раз опишет дугу несколько меньшую, и так далее, пока после большого числа качаний не придет в состояние покоя. Каждое из таких качаний происходит в одинаковый промежуток времени, будь дуга в девяносто градусов или же в пятьдесят, двадцать, десять или четыре. Отсюда как следствие вытекает, что скорость движения постоянно уменьшается, так как тело в одинаковые промежутки времени проходит последовательно дугу все меньшего и меньшего размера. Подобное же и даже совершенно такое же явление происходит и с пробкою, подвешенной к нити одинаковой длины, с тою лишь разницей, что она приходит в состояние покоя после меньшего числа качаний, так как благодаря своей легкости она меньше приспособлена к преодолению сопротивления воздуха; при этом все качания – большие и малые – происходят в одинаковые промежутки времени, и притом в промежутки, равные времени качания свинцового маятника. Совершенно правильно, что если свинец проходит дугу в пятьдесят градусов, а пробка не проходит и в десять, то пробка движется медленнее; но может случиться и на-

¹⁹¹ Brashear R. Jacques Besson and his *Theater of Instruments and Machines*. 1999. [Электронный ресурс] <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/HST/Besson/besson-introduction.htm> (дата обращения: 21.04.2011).

оборот: пробка пройдет дугу в пятьдесят градусов, а свинец – дугу в десять или шесть градусов; таким образом, может оказаться, что в разное время то свинец движется быстрее, то пробка. Но если те же тела проходят в равные промежутки времени дуги одинаковой длины, то можно с уверенностью сказать, что и скорость их движения одинакова. <...> Другой вопрос касается маятников и распадается на две части, а именно: во-первых, действительно ли все маятники – большие, средние и совсем маленькие – совершают колебания в совершенно одинаковые промежутки времени, и, во-вторых, какое отношение существует между временем качания тел, подвешенных к нитям различной длины?»¹⁹²

Точно так же и наклонная плоскость для Галилея – это не только «простая машина» – искусственный объект, приспособленный для экспериментальной деятельности, но прежде всего *абстрактный объект научной теории*, используемый для проведения математических доказательств (объект оперирования), и в то же время – репрезентант специально подготовленного естественного объекта, на котором можно наблюдать физические процессы, не встречающиеся в «чистом виде» в природе. Исследуя качение бронзового шарика по специально отполированной наклонной плоскости, Галилей делает вывод, относящийся к сфере естественнонаучной теории: скорости, приобретенные падающим или катящимся по наклонной плоскости телом, зависят от ее высоты, а не от наклона (рис. 13).

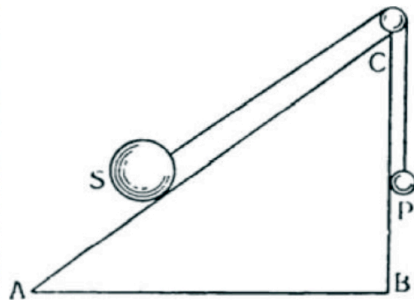


Рис. 13. Наклонная плоскость¹⁹³

¹⁹² Галилео Галилей. Беседы и математические доказательства.

¹⁹³ Макет эксперимента, изготовленный в XVIII в., выставлен в музее Галилея во Флоренции. *Museo Galileo. A Guide to the Treasures of the Collection*. Firenze, 2010. P. 45.

Сам Галилей не занимался постройкой и конструированием машин. Он принадлежал к тем экспертам, кто контролировал качество и осуществлял оценку машин и их проектов. И главным в такой оценке было определить, является представленная модель той или иной машины действительно выполнимой при переходе к реальной конструкции. Новая наука Галилея, в частности, давала возможность помочь мастерам – разработчикам и строителям различного рода машин – решать эти проблемы, получать ответы об их надежности и работоспособности еще до постройки и испытания самой машины. Для анализа сложных машин Галилей обязательно переходит к их геометрическому представлению для объяснения принципа работы машины (см., например, на рис. 14).

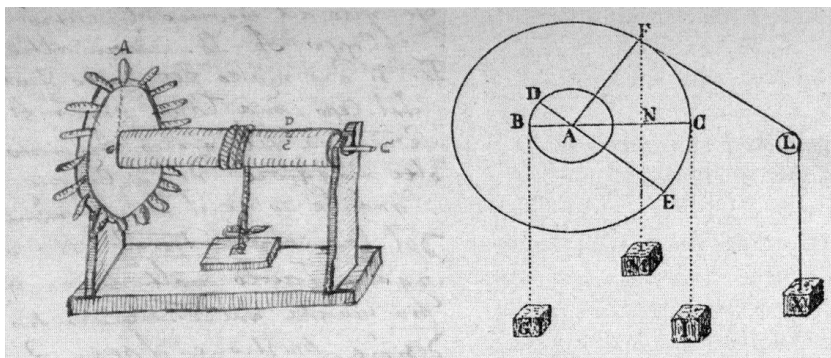


Рис. 14. Слева – практическое описание оси колеса, а справа – его геометрическое представление Галилеем¹⁹⁴

Поэтому он начинает свой трактат по механике следующим призывом, в котором сформулирована его программа теоретического анализа механических орудий: «чрезвычайно важно рассмотреть их в общем и уяснить себе, каковы те выгоды, которые получают от этих орудий», поскольку «механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе, а в результате и сами оказываются обманутыми и в равной степени обманывают тех, кто исходил в своих надеждах из их обещаний»¹⁹⁵.

¹⁹⁴ Valleriani M. Galileo Engineer. Springer, 2010. P. 101.

¹⁹⁵ Галилео Галилей. Механика.

Одной из наиболее обсуждаемых тогда технических задач была проблема создания вечного двигателя – *perpetuum mobile*. Многие твердо верили тогда, что искусные инженеры – механики и гидравлики – способны «перехитрить» или даже «перебороть» саму природу. Такие мастера-инженеры, ангажированные для реализации крупных проектов, вроде проекта изменения русла рек, действительно ощущали себя на переднем крае битвы с природой. Поэтому неудивительно, что Великий герцог Тосканский Франческо I Медичи выбрал для своего знаменитого парка Пратолино, разбитого рядом с его одноименной виллой вблизи Флоренции, совершенно неудобное место с одной только целью продемонстрировать свою власть над природой¹⁹⁶. Это убеждение выливалось тогда в своего рода социальное движение, стремившееся упрочить положение инженеров в обществе в противовес тем, кто занимался «естественной философией» и утверждал, что природа доминирует над техникой. Галилей формулирует третью позицию в вопросе соотношения науки и техники, которая становится фактически определяющей в новом естествознании, – «законы природы и законы механики принадлежат к одной и той же области явлений»¹⁹⁷.

Обсуждению проблемы вечного двигателя отдал дань и Леонардо да Винчи. Он планировал написать специальный трактат о машинах и много внимания уделял наброскам конструкций различных машин и их частей. «Фактически часто трудно провести четкое разделение между его общей работой с такими механическими компонентами и его исследованиями устройств вечного движения». Леонардо выделяет две основные категории таких машин – вращающиеся механические системы и гидравлические системы – и подробно исследует их функционирование. В некоторых местах своих записок он выступает против тех,

¹⁹⁶ Создатель парка и виллы – флорентинец Бернардо Буонталенти (1536–1608), был архитектором, паркостроителем и инженером. Его мастерскую посещал в молодые годы Галилей, чтобы набраться практических технических знаний в области гидравлики. Буонталенти сделал пометку «искусство заменит собой природу» в комментарии к одной из работ Доминико Мелини (*Domenico Mellini. Discorso. Fiorenza, 1583. http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?step=thumb&dir=melli_disco_033_it_1583*), где тот критикует создателей вечного двигателя, поскольку «искусство дочь природы» и поэтому абсолютно невозможно, чтобы «искусство могло создать нечто большее, чем природа» (*Valleriani M. Galileo Engineer. P. 197, 201–202*).

¹⁹⁷ *Valleriani M. Galileo Engineer. P. 197, 200–203.*

кто пытается строить такие машины. «Текст и чертежи показывают, что все такие системы [в конце концов] останавливаются, что является элегантным аргументом против идеи вечного движения машин». Сам он по-видимому не строит таких машин, но много времени уделяет анализу такого рода конструкций на чертежах. Однако «в некоторых местах Леонардо да Винчи выражает даже твердую уверенность в возможности получения вечного движения». При этом он придерживается синтетического подхода, т. е. пытается «соединить вместе существующие машинные компоненты, чтобы составить радикально отличные машины» для получения такого рода движения. «Многие чертежи машин вечного движения, сделанные Леонардо да Винчи, содержат те же самые компоненты, что и разработанные им обычные машины. Ему кажется, что эту проблему в целом нужно решать скорее практическим путем. Вероятно, он считал, что правильно комбинируя колеса, зубчатые передачи, насосы, воздуходувные мехи, водяные колеса и винты Архимеда, можно создать машину, которая будет двигаться за счет своей собственной энергии»¹⁹⁸. В сущности обсуждение этой проблематики отрывало инженеров от повседневной рутинной реальности, приучало их не только мыслить практически, но и рассуждать теоретически на моделях и чертежах.

Галилей, в сущности, идет тем же путем (см. чертежи машин на рис. 15, сделанные Галилеем и Леонардо).

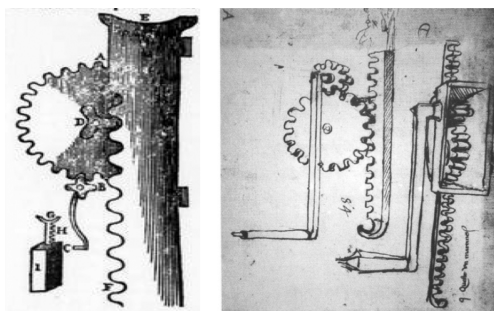


Рис. 15. Слева чертеж механизма для преобразования вращательного движения в поступательное, сделанный Галилео Галилеем¹⁹⁹, а справа – Леонардо да Винчи²⁰⁰. Эта машина состоит из кривошипа, понижающей передачи и стержня с зубцами, который движется вверх и вниз

¹⁹⁸ Olshin B.B. Leonardo da Vinci's investigations of perpetual motion // ICON. Journal of the International Committee for the History of Technology. 2009. Vol. 15. P. 1–39, 4, 9–10, 34, 29; 27.

¹⁹⁹ Galilei G. Les mécaniques, 1634. P. 103. http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?step=thumb&dir=galil_mecha_047_fr_1634

²⁰⁰ Cianchi M. Leonardo da Vinci's Machines. Florenz, 1984. P. 76.

Однако Галилей, в отличие от Леонардо, стремится свести сложные и даже простые машины к еще более простым и общим геометрическим моделям и схемам. Такой универсальной объяснительной моделью для всех машин становится у него наклонная плоскость (см. рис. 16).

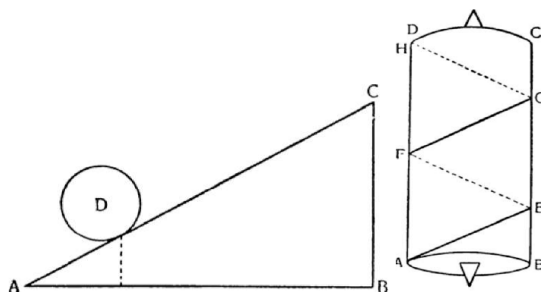


Рис. 16. Геометрическое представление наклонной плоскости как идеализированного объекта новой науки позволяет дать объяснение работы винта с помощью этой теоретической модели²⁰¹

Исследуя природу винта, Галилей рассматривает «треугольник ACB , в котором линия AB горизонтальная, BC – перпендикуляр к ней, а AC – наклонная плоскость, по которой движущееся тело тащат силой настолько меньшей, чем оно само, насколько линия BC короче, чем линия CA . Но поднять тот же самый груз на ту же самую плоскость AC , когда треугольник остается неподвижным, а груз D перемещается в направлении C , это то же, что передвинуть треугольник в направлении H , не сдвигая самого груза с перпендикуляра AE потому, что когда треугольник займет положение FH , движущееся тело поднимется на высоту AJ . И вот, наконец: формой и первоначальной сущностью винта и является именно такой треугольник ACB , который, проталкиваемый вперед, проникает под тяжелое тело, которое нужно поднять, и поднимает его, как говорится, себе на голову. Таково первоначальное происхождение винта и, кто бы ни был его изобретатель, он, рассмотрев, каким образом треугольник ABC , продвигаясь вперед, поднимает груз D , смог сделать из какого-то твердого материала подобное этому

²⁰¹ Галилео Галилей. Механика.

треугольнику орудие, которое, будучи подталкиваемо, поднимало бы предложенный груз; но поразмыслив потом, как сделать такую машину небольшой и придать ей удобную форму, он взял тот же самый треугольник и обернул его вокруг цилиндра $ABCD$ таким образом, чтобы высота этого треугольника, т. е. линия CB , стала высотой цилиндра, а восходящая плоскость образовала бы на этом цилиндре спираль, обозначенную как линия $A E F G H$, которую в просторечьи называют червем винта; в этом варианте и родилось орудие, которое греки называли *soslea*, а мы называем винтом, и которое, вращаясь, попадает своим червем под груз и легко его поднимает. А поскольку мы уже доказали, что на наклонной плоскости сила и груз так относятся, как высота этой плоскости к длине самой плоскости, то понятно, что сила винта $ABCD$ увеличивается в том отношении, в каком длина всего червя $A E F G H$ превосходит высоту CB ; из этого становится понятно, как, делая винт с более частыми спиралями, удастся сделать его ловчее, ибо он образуется плоскостью менее наклонной, длина которой в большей пропорции превосходит высоту. Нам остается разве только обратить еще внимание на то, что, желая узнать силу винта, вовсе не обязательно измерять длину всего винта и длину всего цилиндра, а достаточно определить, сколько раз расстояние между двумя смежными пределами уложится в одном обороте того же червя; так, например, сколько раз расстояние AF уложится в длине оборота $A E F$, поскольку это то же самое отношение, какое имеет вся длина CB к длине всего червя. Насколько понятно все то, что мы до сих пор объясняли относительно природы этого орудия, настолько же, я совершенно не сомневаюсь в этом, будут понятны и все другие обстоятельства: как, например, почему вместо того, чтобы заставить груз подниматься на винте, к последнему для удобства приспособили гайку с выдолбленной спиралью, входя в которую болт, т. е. червяк винта, будучи повернутым вокруг оси, перемещает и поднимает гайку вместе с прикрепленным к ней грузом»²⁰².

Опираясь на геометрию, Галилей дает уроки военным инженерам и одновременно учит их пользоваться измерительными «математическим инструментами». Таким образом уже тогда инженерное образование, как и теперь, служило стимулом для теоретической систематизации практических знаний. Однако круг гео-

²⁰² Галилео Галилей. Механика.

метрических знаний четко определен и в его основе лежит евклидова геометрия, учение о сфере Архимеда, теория перспективы, развитая художниками эпохи Возрождения, геодезия и арифметика (см. схему на рис. 17)²⁰³.

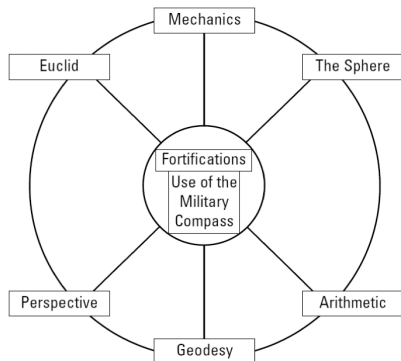


Рис. 17. Курс, преподаваемый Галилеем военным инженерам (по краям круга преподаваемые дисциплины: перспектива, Евклид, механика, «Сфера» Архимеда, арифметика, геодезия); в середине: фортификация и использование военного компаса, изобретенного и изготовленного самим Галилеем²⁰⁴

От редукции сложного к простому в естествознании к сложности технической науки

К концу XVIII – началу XIX столетий ситуация изменяется: появляется такое огромное количество сложных машин (в том числе астрономических, математических и физических аппаратов и инструментов), требующих к тому же точных расчетов, что теории «простых машин» становится недостаточно ни для их представления, ни для описания их функционирования. Недостаточно было уже и евклидовой геометрии для графического представления ма-

²⁰³ Valleriani M. A view on Galileo`s *Recordi Authografi*: Galileo practitioner in Padua // *Largo campo di filosofare: Eurosymposium Galileo 2001*, eds.: Montesinos, José; Solís, Carlos. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001. P. 281–291, 289.

²⁰⁴ Ibid. P. 289.

шин. Важный шаг от чистой математики в сторону ее приложения к описанию конкретных машин сделал в своей начертательной геометрии Гаспар Монж.

Фактически начертательная геометрия давала инженерам математически точную систему графических изображений (математическую схему), позволяющую схематизировать пространственные структуры в виде плоскостного изображения, проводить на нем необходимые расчеты с помощью стандартизованных математических преобразований, а затем переносить полученные результаты на реальные условия. Такого рода задачи постоянно возникали и решались в инженерной практике в области архитектурного проектирования, строительства, геодезии и картографии. Монж попытался перенести этот математический инструмент в область проектирования машин и механизмов, дающий инженеру графический метод решения инженерных задач с помощью бесконечного множества преобразований плоских фигур, «способ на основании точного изображения определять формы тел и выводить все закономерности, вытекающие из их формы и их взаимного расположения»²⁰⁵.

Чертежи и схемы для инженера становятся одновременно и средством связи, с одной стороны, с наукой, а с другой – с реальным миром технической практики. Однако потребовалась и другая наука – техническая наука, которая в отличие от естествознания призвана была выработать теоретические средства для анализа и синтеза машин во всей их сложности, используя одновременно последние достижения естествознания и математики.

Машина становится одним из центральных общетехнических понятий начиная с XIX столетия. Оно выражает наиболее типичную техническую систему. Перед новой наукой о машинах встали две основные задачи. Во-первых, необходимо было задать теоретическую классификацию всех существовавших тогда машин и даже прогнозировать появление новых, еще не реализованных на практике. Во-вторых, требовалось так расчлнить сложные машины на части, чтобы получалось их однородное и иерархическое описание. С помощью старой теории «простых машин» это было сделать уже невозможно.

²⁰⁵ *Leopold J. Teatri Machinarii, oder Schau-Platz der Heb-Zeuge oder Maschinen eine Last vorzubringen und zu erheben.* Leipzig, 1725; Reprint. Hannover: Th. Schäfer GmbH, 1982. S. 13.

Первая задача решалась в контексте развития научного инженерного образования. В 1794 г. под руководством Гаспара Монжа в Париже учреждается первая такая школа – Парижская политехническая школа, по образцу которой строились многие инженерные учебные заведения России, Германии, Испании, Швеции, США. Именно они становятся форпостом развития технических наук и теоретической систематизации новых практических технических знаний. В этом смысле является показательной книга И. Ланца и А. Бетанкура «Курс построения машин»²⁰⁶, которая представляет собой одну из первых попыток систематизации и объяснения всех основных машин того времени. В книге приводится обширная таблица элементарных машин. Но это уже не «простые машины» античной механики, т. к. их «основное назначение – не преобразование силы, а преобразование движения»²⁰⁷. Свое завершение эта работа получила, однако, лишь в начале XX в.: в трудах российских ученых Добровольского и Артоболевского впервые было осуществлено проецирование теоретической модели на класс потенциально возможных механизмов. Законы структурного образования стали общими для всех механизмов и была создана единая общая их классификация. Кроме того была проведена систематизация знаний и методов, в результате чего структурный и кинематический анализ механизмов одного и того же семейства и класса стало можно проводить аналогичными методами. «Проведенные исследования показывают, что современная техника использует очень малое количество механизмов. Предлагаемый <...> метод структурного анализа дает возможность обнаружить огромное число новых механизмов, до сих пор не применявшихся в технике. Эти новые виды механизмов могут быть рекомендованы к использованию на практике...»²⁰⁸.

Вторая задача была связана с развитием теоретических средств анализа и синтеза сложных машин из стандартных компонентов, которую поставил своей целью немецкий инженер Франц Рело. Для этого он использовал достаточно развитую к этому времени графи-

²⁰⁶ Lanza I., Bethankourt A. Essai sur la Composition des Machines. P., 1819 (англ. Пер.: Lanza I., Bethankourt A. Analytical Essay of the Construction of Machines. L., 1920).

²⁰⁷ Боголюбов А.Н. Гаспар Монж (1746–1818). М., 1978. С. 137.

²⁰⁸ Добровольский В.В., Артоболевский И.И. Структура и классификация механизмов. М.; Л., 1939. С. 65.

ческую статику, опирающуюся на методы проективной геометрии («геометрии положения»). Однако если последняя имела дело с математическими идеальными объектами (прямая, плоскость и т. д.), то в графической статике с помощью геометрических методов решались физические и инженерные задачи. Мосты, строения и т. п. инженерные объекты представлялись в ней в виде геометрических фигур, например, многоугольника сил. Теоремы графической статики дают значительное число графических построений, очень просто решающих многие вопросы механики, зачастую гораздо проще аналитических методов, поскольку построение нескольких линий в ней заменяет целый ряд длинных и утонченных вычислений. На этой основе Рело строит особую «кинематическую» геометрию и с ее помощью проводит более детальное, чем его предшественники, расчленение машины на части, которое приобретает характер иерархического описания механизма. В своей книге «Теоретическая кинематика», опубликованной в 1975 г., Рело развивает представление о кинематической паре. Составляющие ее тела он называет элементами пары. С помощью двух таких элементов можно осуществить различные движения. Несколько кинематических пар образуют кинематическое звено, несколько звеньев – кинематическую цепь. Механизм является замкнутой кинематической цепью принужденного движения, одно из звеньев которой закреплено. Поэтому из одной цепи можно получить столько механизмов, сколько она имеет звеньев. Если же мы принудим одно из звеньев с помощью некоторой силы изменить первоначальное положение, то получим машину. Фр. Рело дает следующее определение машины совсем в духе Галилея: «Машина – это соединение сопротивляющихся тел, устроенное так, чтобы принудить механические силы природы действовать для выполнения определенных движений»²⁰⁹. Поскольку же все механизмы оказываются собранными из одного и того же набора типовых элементов, то остается задать лишь определенные процедуры их сборки и разборки из идеальных цепей, звеньев и пар элементов, т. е. синтеза и анализа. Кинематический анализ заключается в разложении существующих машин на составляющие их механизмы, цепи, звенья и пары элементов, т. е. в определении кинематического состава данной машины. Конечным результатом такого

²⁰⁹ *Reuleux F. Theoretische Kinematik. Bd. 1. Braunschweig, 1875. S. 38.*

анализа является выделение кинематических пар элементов (предел членения). Кинематический синтез – это подбор кинематических пар, звеньев, цепей и механизмов, из которых нужно составить машину, производящую требуемое движение. Таким образом сложная техническая система может быть разложена на простые элементы, но при этом не сводится к простой системе.

Дальнейшее развитие этой технической теории шло по пути разработки все более обобщенной теоретической схемы, ее разветвления в соответствии с заданными принципами. Больше теоретические принципы построения машин и механизмов диктуют технике и промышленности перестраиваться под потребности этой теоретической схемы и конструировать и тиражировать стандартные блоки и элементы, предназначенные для сборки различных конфигураций технических систем.

Итак, с развитием технической науки положение меняется. Технические системы больше не рассматриваются как частный случай простых естественных систем и, кроме того, повсеместное развитие разных видов новой научной техники оказывает влияние и на развитие самой науки. В технике формируются новые области математики, которые затем расширяются на сферу естественных наук. Редукция сложных технических систем к простым абстрактным объектам естественнонаучных теорий оказывается недостаточным. Новая техника строится на основе разных, иногда даже альтернативных естественнонаучных теорий. «Теоретическая механика концентрируется на том, чтобы строго и систематически описывать с помощью математических средств естественные процессы. Приложения, если таковые предлагаются, ей лишь поддерживаются. Техническая же механика, напротив, всегда отталкивается от практических, технических проблем и пытается решать их любыми средствами...»²¹⁰. В то же время прикладная или техническая механика, как отмечает Франц Рело, рассматривает машинную систему как любой природный объект с целью исследовать причинную зависимость явлений в этой системе, вырабатывая методы исследования движения различных систем, которые могут быть затем использованы в практике машиностроения. Однако в девятнадцатом столетии теоре-

²¹⁰ *Scriba C.J., Maurer B. Technik und Mathematik // Technik und Wissenschaft. Technik und Kultur. Bd. 2. Düsseldorf, 1991. S. 56.*

тическая механика стала отделена огромным пространством от самых простых и обыкновенных приложений, а получаемые из теории выводы слишком несогласными с технической реальностью. Это было в первую очередь связано с тем, что инженерная практика продвигалась быстро вперед и требовалось теоретическое осмысление, связанных с ней задач. Важно было приблизить теорию к практике, изменив сам характер теоретических идеализаций и схем. Например, в рациональной механике рассматриваются совершенно упругие и совершенно твердые тела, но ни те ни другие не существуют в природе и тем более в искусственных сооружениях – машинах. Техническая механика должна была восполнить образовавшийся пробел и соединить глубокие теоретические сведения с обширной практикой. «Теория механизмов является производной наукой и <...> ее главными источниками являются прикладная механика и математика. <...> Лучше всего называть ее *форономией*. Но часто ее называют *кинематикой*. *Форономия* <...> является учением об измерении поступательного движения тел и причем любых тел <...> Можно точно такое же представление <...> распространить на движение космических явлений». Таким образом, стало развиваться два направления: во-первых, механика как математическая наука и как физическая наука как наука о природе и, во-вторых, механика как теоретическая основа техники. *Форономия* по Рело – это «учение о геометрических способах представления движения» или «чистая кинематика». Машины же «представляют собой особый вид, активизируемый с помощью вращающихся везде геометрических структур», которые есть ничто иное как «душа машины», «геометрическая абстракция машины»²¹¹. Здесь опять налицо продолжение Галилеевой модели науки о машинах, основанной на математике. Таким образом, геометро-кинематическая схема Галилео Галилея, модифицированная Гаспаром Монжем в проективную геометрию, послужила началом приложения естественнонаучной теории – теоретической механики – к описанию машин и толчком для создания технической науки – теории механизмов и машин.

²¹¹ См.: *Reuleaux F. Lehrbuch der Kinematik. V. 2. Die praktischen Beziehungen Kinematik zu Geometrie und Mechanik: Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Mit einem Atlas und Zahlreichen in den Text Eingedruckten Holzstichen. Braunschweig, 1875. S. 59–60, 87, 88.*

Глава 6

Дифференциация и интеграция инженерной деятельности: научное инженерное образование

Инженеры, провозглашая ориентацию на науку, в своей практической деятельности руководствовались ей незначительно. После многих веков разделения наука и техника соединились в XVII в., в начале научной революции. Однако лишь к XIX в. это единство приносит свои первые плоды, и только в XX в. наука становится главным источником новых видов техники и технологии.

Научная техника первоначально означала применение к технике лишь естествознания. В начале научной революции наука и техника соединились. Однако лишь к XIX в. «техническое знание было вырвано из вековых ремесленных традиций и привито к науке. Техническое сообщество, которое в 1800 г. было ремесленным, мало отличается от средневекового, становится двойником научного сообщества. Ремесленник был заменен в авангарде технического прогресса новым поколением ученых-практиков. Устные традиции, переходящие от мастера к ученику, новый техник заменил обучением в колледже, профессиональную организацию и техническую литературу сделал по образцу научной. Техника не в том смысле стала научной, что выполняет предписания науки, а в том, что выработала особые науки – технические.

Становление технических наук связано с приданием инженерному знанию формы аналогичной науке. В результате сформировались профессиональные общества, подобные научным, были основаны научно-технические журналы, созданы исследовательские лаборатории, а математические теории и экспериментальные методы

науки были приспособлены к техническим нуждам. Таким образом, инженеры в XX в. заимствовали из науки не просто результаты научных исследований, но также ее методы и социальные институты. С помощью этих средств они смогли сами генерировать специфические, необходимые для их сообщества знания. Та точка зрения, что естествознание генерирует все знания, которые затем просто применяются инженером на практике, не соответствует реальному положению дел в современной технике. Особенность технических наук заключается в том, что в них инженерная деятельность заменяет, как правило, эксперимент. Именно в инженерной деятельности проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и черпается новый эмпирический материал. Это отнюдь не значит, что в технических науках не проводится экспериментов. Просто они не являются исключительным практическим основанием теоретических выводов. Огромное значение в этом отношении приобретает инженерная практика. Технические науки к началу XX в. составили сложную систему знаний от весьма систематических наук до собрания правил в инженерных руководствах²¹².

Инженеров нарождающегося двадцатого века интересовало целостное представление об инженерной деятельности, ее руководящем месте в современном обществе и будущем развитии человеческой цивилизации. Они были озабочены, как в России, так и в Германии, проблемой повышения социального престижа инженерной профессии. Инженер часто оказывается недостаточно подготовленным к выполнению поставленных перед ним задач. Чтобы изменить такое положение дел, требовалось усилить корпоративное сознание инженеров и обеспечить высокий уровень его не только специальной, но и общенаучной подготовки, т. е. провести реформу инженерного образования.

Научное образование делает специалиста в той или иной технической дисциплине инженером в отличие от простого техника. Система инженерного образования России стала уже к концу XIX столетия одной из самых передовых в мире. Императорское Московское техническое училище, например, возникло из Ремесленного учебного заведения при Московском воспитательном доме, организованном в благотворительном ведомстве Императрицы

²¹² Подробнее см.: *Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения).

Марии для обучения сирот специальности. Перейдя в ведомство Министерства народного просвещения, оно получило новые права. Инженеры, окончившие Московское техническое училище, не имевшие по происхождению прав высшего сословия, причислялись к сословию личных почетных граждан без взимания пошлины. Причем если они успешно исполняли в течение десяти лет обязанности технических инженеров или управляющих фабрик или заводов, то по представлению Министерства народного просвещения могли быть причислены к потомственному почетному гражданству²¹³. К почетному гражданству стали причислять и лиц, окончивших высшие учебные заведения, что давало право поступать на государственную службу²¹⁴. К концу XIX столетия именно теоретической подготовке будущих инженеров стало уделяться особое внимание. Тем не менее до конца XIX в. между наукой и технической практикой сохранялся еще заметный разрыв. Он усугублялся тем, что в среде инженеров-механиков во второй половине XIX столетия 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.

С развитием машинного производства положение коренным образом меняется – для конструирования машин и создания прочных строительных сооружений все более настоятельно требуются теоретические расчеты. Однако инженеры-практики продолжали, как и механики-ремесленники, исходить из простого геометрического подобия. Отсутствие же предварительного расчета приводило к частым авариям, например, паровых машин. Отдельным выдающимся инженерам необходимость теоретических расчетов стала ясной уже в первой половине XIX в. Однако такое положение дел в сфере массовой инженерной практики было тогда исключением из правила. Прикладная механика пока оставалась наукой описательной, создававшей многочисленные атласы чертежей су-

²¹³ Положение и штат Московского технического училища. М., 1884.

²¹⁴ Почетное гражданство давало свободу от рекрутской повинности и подушного оклада, а также избавляло от телесных наказаний. См.: Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энцикл. слов. Т. 32. СПб., 1901. С. 439–441.

шествующих машин, а не разрабатывающей расчеты и не дающей теоретические обобщения. В теоретической же механике господствовала излишняя, с точки зрения инженеров, строгость и аналитичность. Прикладные, инженерные исследования велись тогда в основном в технических школах, а теоретические – в университетах, где преподавание даже теоретической механики первоначально рассматривалось как раздел прикладной математики. В начале XX столетия положение меняется.

В России возникает мысль об организации при физико-математических факультетах университетов технических отделений по английскому опыту. Цели классического университетского образования мыслились тогда совершенно отличными от обучения инженеров. Университет должен готовить ученых, поэтому основной акцент в преподавании делался на методах. Для инженера же наука играет важную, но не исключительную роль. Такое положение не могло продолжаться слишком долго, инженерная практика сама начинает настоятельно требовать теории.

Примером взаимного трансферта знаний между естествознанием и инженерной практикой может служить Страсбургский университет, бывший до Первой мировой войны на территории Германии. Профессором, а затем и ректором этого университета был известный германский ученый, лауреат Нобелевской премии Фердинанд Браун. Сторонник развития университетской технической науки, он пытался открыть в Страсбургском университете технический факультет, считая, что с его открытием в рамках университета и с помощью нескольких успешно работающих электротехнических предприятий вне его можно развить экспериментальную и педагогическую практику как новую техническую науку, которую еще предстоит создать, с ясно определенными целями и содержанием обучения. Он ориентировался не на теорию, а на необходимость технических применений и разработал программу модернизации физики как технической физики. К сожалению, этому проекту не было суждено осуществиться. Техническая физика вела в университетах лишь своего рода теневое существование, хотя большинство физиков и работало в области техники²¹⁵. Эти идеи, однако, оказали влияние не только в Германии, но и в Рос-

²¹⁵ *Hans F. Ferdinand Braun* (1850–1918). Ein wilhelminischer Physiker. Berlin; Diepholz, 1999.

сии. Ближайшие сотрудники Брауна из России Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси, следуя идеям немецкого ученого Фердинанда Брауна, которого «можно считать одним из создателей физико-технических исследований и физико-технического образования», стремившегося «поднять радиотехнику до радиофизики», продолжили его работу «по развитию научно фундированной физической радиотехники». Они смогли создать в России в 1930–1940-х гг. то, что не удалось Брауну в Страсбургском университете в начале XX века – физико-технические подразделения в МГУ и в Академии наук, параллельно работая в тесном сотрудничестве с нарождающейся радиотехнической промышленностью (Центральной радиолaborаторией Государственного электротехнического треста заводов слабого тока). Это позволяло не только теоретическими методами решать многие стоящие перед новой отраслью промышленности практические проблемы, но и формулировать оригинальные постановки проблем в технической и естественнонаучной теориях. Мандельштам подчеркивал продуктивность «радиотехнических аналогий» в физике и ««взаимопомощи» между различными «колебательными» разделами физики – оптики, теории электричества и магнетизма, акустики»²¹⁶.

Мощь и силу теоретической науки, приспособленной к инженерной практике, продемонстрировал, например, великий русский ученый Н.Е. Жуковский, который был прежде всего теоретиком, преподавал теоретическую механику в Московском университете и Высшем техническом училище. Но инженерная общественность в то же время провозгласила его инженером высшего ранга, а Высшее техническое училище в 1911 г. присвоило ему звание инженера-механика и золотой нагрудный знак инженера, причем еще до основополагающих работ по аэродинамике. Он был фактически теоретиком зарождающейся технической науки. Это хорошо видно на примере решения им важной практической инженерной задачи, возникшей в связи с частыми поломками водопроводных труб. Жуковский стал руководить опытами над ударами воды в водопроводных трубах и в результате этих исследований не только разработал теоретические основы механизма гидравлического удара, но и решил сложную техническую задачу ограждения водопроводов

²¹⁶ Печенкин А.А. Леонид Исаакович Мандельштам. Исследование, преподавание и остальная жизнь. М., 2011. С. 42, 114, 124–125, 161 и др.

от гидравлических ударов. Причем, даже решая инженерную задачу, он идет теоретическим путем, обращая внимание на то, что не заметили инженеры-практики. При быстром закрытии задвижки вода останавливается и давление повышается. Это состояние воды передается по трубе по закону распространения волнообразного движения. Поскольку скорость распространения ударной волны весьма велика, то в коротких трубах она создает впечатление одновременного поднятия давления. Найденное Жуковским решение давало возможность теоретически определять место аварии водопровода, не дожидаясь, пока обнаружится течь, и даже не выходя за пределы 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 действительностью²¹⁷. Сближение теоретической науки с инженерной практикой и инженерной практики с теоретической наукой стало делом рук профессоров от инженерии, или профессоров инженерных наук, подобных Н.Е. Жуковскому.

В Советском Союзе в период 50–70-х гг. XX в. была создана развитая система инженерного и специального научно-технического образования разных уровней и в формировании системы научно-технических организаций: конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов, целых отраслей промышленности, направленных на создание новой техники и технологии, правда, ориентированных главным образом на создание технических систем для военно-промышленного комплекса. Электронная отрасль промышленности начала создаваться при массивной поддержке советского государства в первые послевоенные десятилетия. Германский опыт наглядно показал не только нашим ученым и инженерам, но и руководителям партии и правительства, что хорошо развитая приборостроительная промышленность является ключевым звеном всей инновационной экономики. Для решения поставленных правительством задач были привлечены лучшие научные и инженерные силы, с отличным финансированием (несмотря на трудности послевоенного времени). Это создало беспрецедентную базу для развития за кратчайший срок на самом высоком мировом

²¹⁷ Космодемьянский А.А. Николай Егорович Жуковский. М., 1984.

уровне радиолокационной науки, техники и промышленности, которая в итоге стала основой развития новых информационно-компьютерных технологий.

Таким образом в Советском Союзе в период 50–70-х гг. XX столетия была не только создана новая электронная промышленность, как предпосылка компьютерной революции, но и сами социальные и методологические основы нарождающегося информационного общества. Это выразилось также в развитии инженерного и специального научно-технического образования разных уровней и в формировании системы научно-технических организаций: конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов, целых отраслей промышленности, направленных на создание новой техники и технологии.

Инженеров нарождающегося XX века интересовало целостное представление об инженерной деятельности, ее руководящем месте в современном обществе и будущем развитии человеческой цивилизации. Они были озабочены проблемой повышения социального престижа инженерной профессии. Инженер часто оказывается недостаточно подготовленным к выполнению поставленных перед ним задач. Чтобы изменить такое положение дел, требовалось усилить корпоративное сознание инженеров и обеспечить высокий уровень его не только специальной, но и общенаучной подготовки, т. е. **провести реформу инженерного образования**. Научное инженерное образование делает специалиста в области той или иной технической дисциплины именно инженером в отличие от простого техника. Система инженерного образования России стала уже к концу XIX столетия одной из самых передовых в мире.

Инженерное образование в России имеет богатую историческую традицию. Первые технические школы были основаны еще во времена Петра Великого, но они были еще практически средними техническими школами, теоретическая подготовка в подобных технических училищах все еще значительно отставала от уровня развития науки (они были в большей мере практически ориентированными). Методика преподавания в них 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, учебные пособия носили описательный характер. Круг научных знаний первых инженеров был невелик. В Англии, которая шла сначала в авангарде промышленного развития, до середины XIX столетия вообще не было технических школ, и инженеры продолжали готовить путем индивидуального ученичества. Подлинная связь науки с производством начинается лишь в XIX в. Профессия инженера усложнялась, и практика предъявляла новые требования к теоретической подготовке квалифицированных инженерных кадров.

Развитие инженерная деятельность получает с появлением машинного производства, требующего массовой подготовки инженеров. Это выдвинуло на первый план проблему целенаправленной научной подготовки инженеров для развивающейся промышленности, передачи и теоретического обобщения накопленного технического опыта. Именно с появлением высших технических школ инженерное сообщество постепенно приобретает черты сложившегося к этому времени научного сообщества: высшее образование, ученые степени, общества инженеров, инженерные исследовательские лаборатории, журналы и т. п. Первой высшей технической школой, которая с самого начала своего основания ориентировалась на высокую теоретическую подготовку студентов, стала основанная Гаспаром Монжем в 1794 г. Парижская политехническая школа, по образцу которой строились многие инженерные учебные заведения Германии, Испании, Швеции, США.

В 1809 г. испанский инженер Августин Бетанкур (ранее профессор Парижской политехнической школы) основал Институт корпуса инженеров путей сообщения в Петербурге. В отличие от Парижской политехнической школы в Институте корпуса инженеров путей сообщения последний год обучения, 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». Этот институт оказал огромное влияние на развитие инженерной деятельности в России. Такие его выпускники, как П.П. Мельников, разработчик первой в России железной дороги Петербург–Москва, С.В. Кербедз, проектировщик многих мостов, и другие внесли существенный вклад

в развитие путейского строительства. В 20–30-е гг. XIX столетия 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 этом 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, конструируя новые машины. Бетанкур разработал также 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»²¹⁸. В 1884 г. эта идея была реализована 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 рабочих²¹⁹.

Открытая в 1830 г., Ремесленная школа в Москве с 1868 г. стала высшей технической школой (Московское техническое училище), чтобы «доставлять учащимся в нем высшее образование по специальности механической и химической». К этому времени многие ремесленные, средние технические училища преобразуются в высшие технические школы и институты: 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

²¹⁸ Воронин М.И., Воронина М.М. Павел Петрович Мельников. М., 1977. С. 16.

²¹⁹ Боголюбов А.Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. М., 1976. С. 118, 361.

учебных заведений чисто электротехнического профиля, образованный в 1891 г. на базе Почтово-телеграфного училища (1886 г.). Большое внимание в этих институтах стало уделяться именно теоретической подготовке будущих инженеров.

В Германии инженерные школы возникли несколько позже: в Берлине в 1799 г. основана Строительная академия, а в 1821 – Ремесленный институт. Политехнические школы появляются одна за другой в Карлсруэ, Мюнхене, Дрездене, Ганновере и Штутгарте. Они оказали сильное воздействие на развитие промышленности, подготовив новые высококвалифицированные и научно образованные инженерные кадры, что позволило к концу XIX в. выйти Германии на одно из первых мест в промышленном отношении. Это показала уже Парижская выставка 1855 г. Еще в 1851 г. на 1-й Всемирной выставке английская промышленность получила большинство медалей, а на Парижской выставке 1867 г. она с трудом смогла завоевать немногим более десяти медалей²²⁰. Тем не менее, Франц Рело характеризует представленные на Всемирной выставке в 1866 г. в Филадельфии германскую промышленную продукцию как «дешевую и неудовлетворительную», но уже на Парижской Всемирной выставке 1900 г. германские технические продукты завоевывают особое признание как высококачественные²²¹. В результате английские инженеры вынуждены были признать, что Германия опередила их, и произошло это из-за высокой научной подготовки немецких инженеров. Английские же инженеры были в это время самоучками, не обладавшими широкими научными знаниями. К концу XIX столетия научная подготовка инженеров, их специальное, именно *высшее*, техническое образование становится настоятельной необходимостью. Крупные германские предприятия соответственно новому статусу вводят титул «*Oberingenieur*». Германский инженер и поэт Макс Мария фон Вебер в одном из своих произведений 1882 г. описывает кардинальное отличие такого инженера, связанного с теоретическим осмыслением техники, проведением научных экспериментов и применением новых методов и инструментов, от

²²⁰ Боголюбов А.Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. С. 183.

²²¹ *Klemm Fr. Technik. Eine Geschichte Ihrer Probleme.* Freiburg; München, 1954. S. 351.

практического механика, работающего руками и полагающегося главным образом на свое искусство, хотя и дополненное расчетами, умелых практиков, получивших свои эмпирические знания главным образом по наследству от отца к сыну. К механикам причислялись также те, кто особенно в городах-резиденциях или университетских городах изготовлял астрономические, математические и физические аппараты и инструменты, для чего, конечно, необходимо было обладать определенными математическими и естественнонаучными познаниями, но не имели систематического научного инженерного образования²²².

Появляются и такие области инженерной деятельности, которые вообще немыслимы без глубоких научных исследований, что было связано с все усиливающимся процессом «сциентификации» техники. После того, как кайзер Вильгельм II в 1899 г. в связи со столетним юбилеем Берлинской технической школы приравнял высшие технические школы в плане их статуса и права присуждения докторских степеней к университетам, произошло разделение германского инженерного корпуса, из которого особо выделились дипломированные инженеры, имеющие более солидную естественнонаучную и математическую подготовку, и инженеры, имеющие степень «доктор-инженер», ориентированные на решение исследовательских задач в технических науках, а также на преподавательскую деятельность²²³.

В Германии в 1825 г. была учреждена первая Высшая техническая школа в г. Карслруэ (позже Технический университет)²²⁴. Она была создана, как и многие другие высшие технические школы в Европе и в США, по образцу Парижской политехнической школы с целью обеспечить основательную естественнонаучную и математическую подготовку будущих инженеров. Великий герцог Баденский Людвиг I поставил цель развития Бадена (тогда самостоятельного государства) из аграрной страны в промышленно развитую державу, которая благодаря Наполеону значительно увеличила свои размеры

²²² *Klemm Fr.* Technik. Eine Geschichte Ihrer Probleme. S. 347–351.

²²³ *Lüdwig K.-H.* Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Königstein; Düsseldorf, 1979. S. 19, 24, 26, 39.

²²⁴ *Neuemeier G.* Vom Polytechnikum zur Universität (TH) // Die technische Universität an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. Festschrift zum 175-jährigen Jubiläum der Universität Karlsruhe (TH). Berlin; Heidelberg u.a., 2000. S. 11–62.

и количество населения, превратившись из графства в герцогство. Потребовалось строительство сети сухопутных, водных, а позднее и железных дорог. Именно для решения этих задач и была создана новая высшая техническая школа, которая, однако, возникла не на пустом месте, а на базе Архитектурного института для строительных ремесленников (основанной в 1768 г. и реорганизованной архитектором Фридрихом Вайнбреном в 1796 г. в «Школу архитектурного черчения») и Инженерной школы, организованной в 1807 г. инженером-строителем фон Тула. Сначала она состояла из ассоциации пять профессиональных школ, научный уровень которых был весьма различен. Министр Великого герцога Карл Фридрих Небениус произвел реорганизацию ее в 1832 г., но наиболее существенное развитие она получила девять лет спустя после прихода известного машиноведа Фердинанда Редтенбахера, создателя теории локомотива. Ф. Редтенбахер преобразовал одну из ремесленных школ, находившихся в ее составе, в машиностроительную школу в 1860 г., что особенно было важно в связи с развитием в Европе сети железных дорог. Девизом Высшей технической школы Карлсруэ стало соединение научности с практической применимостью результатов технической деятельности. С тех пор Высшая техническая школа г. Карлсруэ стала одной из ведущих кузниц инженерных кадров в Европе. Достаточно назвать среди ее первых известных студентов создателя теоретической кинематики Франца Рело, изобретателя автомобиля Карла Бенца, машиноведа и историка техники Теодора Бека, а также известного российского ученого И.А. Вышнеградского. В 1900 г. с передачей Высшей технической школе г. Карлсруэ прав присуждения ученой степени она была приравнена к университету. Среди ее профессоров были такие известные ученые как Фердинанд Браун, Генрих Герц, Фриц Хабер и другие. В начале XX столетия, до Первой мировой войны примерно четверть ее учащихся были выходцами из России. И это было в принципе нормой для многих германских высших школ. Кроме того, между Баденом и Россией сложились особые династические и другие личностные отношения, а многие студенты из России были немецкого происхождения, например, из Риги, Киева и Санкт-Петербурга, а также Москвы и Варшавы (Польша тогда входила в состав России). Выучившись в Карлсруэ и других германских университетах, они внесли серьезный вклад в индустриализацию России.

Примером такого трансферта знаний между Россией и Германией может служить также Страсбургский университет, бывший до Первой мировой войны на территории Германии. Профессором, а затем и ректором этого университета был известный германский ученый, лауреат Нобелевской премии Фердинанд Браун. Стронник развития университетской технической науки, он пытался открыть в Страсбургском университете технический факультет, считая, что с его открытием в рамках университета и с помощью нескольких успешно работающих электротехнических предприятий вне его можно развить экспериментальную и педагогическую практику как новую техническую науку, которую еще предстоит создать, с ясно определенными целями и содержанием обучения. Он ориентировался не на теорию, а на необходимость технических применений и разработал программу модернизации физики как технической физики. К сожалению, этому проекту не было суждено осуществиться. Техническая физика вела в университетах лишь своего рода теневое существование, хотя большинство физиков и работало в области техники²²⁵. Эти идеи, однако, оказали влияние не только в Германии, но и в России. Ближайшие сотрудники Брауна из России Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси стали развивать радиотехнику в России в духе идей Фердинанда Брауна. В Страсбурге несколько раньше у профессора А. Кундта учился другой известный российский физик Петр Николаевич Лебедев, который уже в 1891 г. защитил у Ф. Кольрауша кандидатскую диссертацию, а затем работал в Московском университете сначала ассистентом профессора А.Г. Столетова, а затем профессором.

К концу XIX столетия именно теоретической подготовке будущих инженеров стало уделяться особое внимание. «Нельзя трактовать политехническую школу, – говорил в своем выступлении в 1871 г. математик А.В. Ледников, которому вместе с инженером В.К. Делла-Восу было поручено реформировать Московское техническое училище, – 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 прак-

²²⁵ *Hans F. Ferdinand Braun (1850–1918). Ein wilhelminischer Physiker.* Berlin; Diepholz, 1999.

тического знания прямо пропорциональна высоте научных сведений, высоте теоретического образования»²²⁶. Тем не менее, до конца XIX в. между наукой и технической практикой сохранялся еще заметный разрыв. Он усугублялся тем, что в среде инженеров-механиков во второй половине XIX столетия 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.

С развитием машинного производства положение коренным образом меняется – для конструирования машин и создания прочных строительных сооружений все более настоятельно требуются теоретические расчеты. Однако инженеры-практики продолжали, как и механики-ремесленники, исходить из простого геометрического подобия. Отсутствие же предварительного расчета приводило к частым авариям, например, паровых машин. Отдельным выдающимся инженерам необходимость теоретических расчетов стала ясной уже в первой половине XIX в., как, например, российскому инженеру-кораблестроителю и ученому, члену Петербургской академии наук адмиралу А.С. Грейгу. Однако такое положение дел в сфере массовой инженерной практики было тогда исключением из правила. Прикладная механика пока оставалась наукой описательной, создававшей многочисленные атласы чертежей существующих машин, а не разрабатывающей расчеты и не дающей теоретические обобщения. В теоретической же механике господствовала излишняя, с точки зрения инженеров, строгость и аналитичность. Прикладные, инженерные исследования велись тогда в основном в технических школах, а теоретические – в университетах, где преподавание даже теоретической механики первоначально рассматривалось как раздел прикладной математики.

В конце XIX столетия положение меняется. В России возникает мысль об организации при физико-математических факультетах университетов технических отделений по английскому опыту. Цели классического университетского образования мыслились тогда совершенно отличными от обучения инженеров. Универси-

²²⁶ Глекин Г.В. Николай Николаевич Андреев. М., 1980. С. 16–17.

тет должен готовить ученых, поэтому основной акцент в преподавании делался на методах. Для инженера же наука играет важную, но не исключительную роль. 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»²²⁷. Такое положение не могло продолжаться слишком долго, инженерная практика сама начинает настоятельно требовать теории. Чем ближе к концу XIX 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»²²⁸. Но для этого нужно было видоизменить и сами научные исследования, приспособить их к нуждам стремительно развивающейся инженерной практики. Без науки в образовании получается средний техник, с использованием науки, в частности математики, – образованный инженер. Это сближение теоретической науки с инженерной практикой и инженерной практикой с теоретической наукой было делом рук профессоров от инженерии, или профессоров инженерных наук, подобных Н.Е. 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, основной деятельностью которых, помимо преподавания, становятся научно-инженерные исследования. «Престиж профессора в инженерных учебных заведениях был очень высок, и лучшие таланты страны состязались за право замещения вакантных должностей в преподавательском штате. Успех в этом состязании зависел, в основном, от опубликованных научных работ претендента.

²²⁷ Чеканов А.А. Виктор Львович Кирпичев. С. 119.

²²⁸ Механика и цивилизация XVII–XIX вв. М., 1981. С. 108.

Продвижение по службе преподавателя осуществлялось также на основе научной продукции, и выслуга лет при этом не принималась во внимание. <...> научная деятельность русских инженерных учебных заведений в девятнадцатом веке была на очень высоком уровне, и что Россия в этот период внесла значительный вклад в развитие инженерных наук. <...> Профессия инженера ставилась в России очень высоко, и число молодых людей, желавших ее получить, было в несколько раз больше числа вакансий... Русские инженерные учебные заведения не ограничивали свою деятельность обеспечением преподавания различных инженерных предметов по программе, но принимали активное участие в дальнейшем развитии инженерных наук. Все они обычно выпускали свои “Сборники”, где публиковались научные труды преподавателей. Институтские лаборатории служили не только для учебных целей, но также и для научных работ преподавателей и для решения технических задач, поставленных промышленностью и государством»²²⁹.

Рациональная организация инженерного образования становится в центре внимания инженерного сообщества именно в начале двадцатого столетия. «По мнению германского инженера Ридлера, задача высшей технической школы заключается не в том, чтобы готовить только химиков, электриков, машиностроителей и т. д., т. е. таких специалистов, которые никогда не покидали бы своей тесно ограниченной области, но чтобы давать инженеру многостороннее образование, предоставляя ему возможность проникать и в соседние области»²³⁰. Для решения этой задачи, как считает Ридлер, требуется реформа инженерного образования. Но чтобы она была успешной, важно учитывать специфику инженерной деятельности и мышления и вытекающую из нее особенность инженерного образования в отличие от университетского. Инженер в отличие от ученого, с одной стороны, должен изучать машину во всех деталях, упрощать и пренебрегать реальным положением дел, как ученый, 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.

²²⁹ Тимошенко С.П. Инженерное образование в России. Люберцы, 1997.

²³⁰ Энгельмейер П.К. В защиту общих идей в технике // Вестн. инженеров. 1915. № 3. С. 96.

Для укрепления места инженерного сословия в обществе важную роль сыграли профессиональные объединения инженеров, которые стали возникать в XIX в. в промышленно развитых странах. Сначала это были учебные клубы, организованные в виде профессиональных содружеств инженеров определенной специализации, например Институт гражданских инженеров или Общество корабельных инженеров в Англии. Затем образовались национальные профессиональные союзы, объединяющие инженеров самых различных специальностей. Одним из первых был создан Союз немецких инженеров (*Verein Deutsche Ingenieure – VDI*), существующий с 1856 года. Кроме того, 27 мая 1916 г. образовался Германский Союз научно-технических обществ, учредителями которого стали Союз немецких инженеров, Союз германских архитектурно-инженерных обществ, Общество германских работников по металлургии железа, Союз германских химиков, Союз электротехников и Судостроительное техническое общество. В 1857 г. вышел первый номер «Журнала Союза немецких инженеров» (*Zeitschrift des VDI*). Позднее таких журналов стало издаваться несколько, появилось и собственное издательство. Союз немецких инженеров постепенно приобрел мировое значение²³¹. Работа Союза, издаваемые им книги и журналы, проводимые им исследования всегда имели большое значение и для русских инженеров. В 1909 г. возникает также Союз немецких дипломированных инженеров (VDDI). В 1916 г. шесть крупнейших инженерных союзов слились в Немецкое объединение научно-технических союзов (DVT)²³². VDI, несомненно, оказал влияние и на самосознание российских инженеров того времени.

Русское техническое общество было образовано в 1866 г. 22 апреля 1874 г. оно удостоилось наименования «Императорское». С 1867 г. это Общество стало издавать свои труды – «Записки Императорского Русского технического общества». ИРТО имело несколько отделений в различных городах и районах страны. Деятельность его проходила в различных формах. «Оно обсуждает и изучает в своих заседаниях или особо назначенных из своей сферы специальных комиссиях разные технические вопросы, вызывающие современный

²³¹ 75-летие Союза германских инженеров // Русско-герман. вестн. науки и техники. 1931. № 10. С. 40–41.

²³² *Lüdwig K.-H.* Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Königstein; Düsseldorf, 1979. S. 25.

интерес или обращаемые к нему со стороны правительственных или общественных учреждений и частных лиц, устраивает технические беседы и публичные лекции, содействует устройству разных съездов и выставок, связанных с интересом развития технических знаний и промышленности в России, иногда устраивает их своим непосредственным распоряжением, производит экспертизу и выдает почетные награды в виде медалей, дипломов и т. п., заботится об издании руководств, назначает и выдает премии и печатает свои собственные издания как периодические, так и отдельные»²³³. Кроме «Записок» ИРТО издавало с 1884 г. «Труды Постоянной комиссии по техническому образованию», учрежденной в 1868 г., а затем особый журнал – «Техническое образование». Электротехнический отдел ИРТО с момента своего учреждения (1880 г.) издает особый журнал «Электричество», а железнодорожный (с 1881 г.) – журнал «Железнодорожное дело».

Политехническое общество было организовано в 1877 г. в Москве при Императорском Московском техническом училище. «Общество разрешено было открыть при Императорском Техническом Училище в том смысле, что оно будет работать не только под научным и нравственным воздействием гг. профессоров, но также и под непрерывным фактическим контролем его директора и учебной коллегии; и вся коллективная работа членов О-ва должна была совершаться в стенах Училища»²³⁴. Политехническое общество выпускало Бюллетени, на основе которых, включая «Вестник общества технологов», в 1915 г. был создан журнал «Вестник инженеров». Подобные общества играли в тогдашней России важную роль для развития исследований последствий техники, как, например, созданное в 1869 г. Общество по распространению технических знаний, целью которого была поддержка распространения и совершенствования технических знаний в России. В его уставе сказано, что цель Общества – «содействовать усовершенствованию и распространению в России технических знаний вообще; преимущественно же усвоению усовершенствованных технических приемов в тех отраслях отечественной промышленности и ремесел, которые имеют более обширное практическое применение».

²³³ Краткий исторический очерк деятельности Императорского Русского технического общества с его основания по 1 января 1893 года. СПб., 1893. С. 7.

²³⁴ Очерк 40-летия деятельности Политехнического общества. М., 1918.

ние». Для достижения этих целей общество может: «а) учреждать технические школы и мастерские; б) устраивать библиотеки, выставки и музеи по части промышленности и ремесел; в) издавать книги по разным отраслям технических знаний»²³⁵.

Общество содействия успехам опытных наук и их практических применений имени Х.С. Леденцова при МВТУ и МГУ играло важную роль в экспертизе изобретений и поддержке изобретателей. Это общество просуществовало с 1909 по 1918 гг. и имело главной задачей содействие научным открытиям и техническим изобретениям в смысле организации возможно более прибыльного для изобретателей и общества использования этих открытий и изобретений. Х.С. Леденцов подчеркивал, что «содействие общества гг. изобретателям желательно не только в форме денежной помощи, сколько в организации возможно выгодного использования открытий и изобретений на заранее письменно договоренных условиях, причем, во всяком случае, часть прибылей должна поступать в особый фонд Общества, предназначенный исключительно на осуществление и проведение в жизнь открытий и изобретений»²³⁶. Главным принципом этого общества было оказание финансовой поддержки доведения и реализации изобретений и открытий, причем заранее оговоренная часть полученной от их внедрения прибыли должна была быть возвращена Обществу для поддержки других изобретений и открытий. Важную роль в Обществе играла экспертиза научных и технических проектов, которую проводила каждый раз заново формируемая из ведущих специалистов в данной определенной области комиссия. Это была специфического рода оценка техники в смысле ее полезности для человечества и определения реализуемости технического предложения.

Издавалось и великое множество технических журналов, но особого упоминания заслуживает журнал «Технический сборник и вестник промышленности» – ежемесячный журнал открытий, изобретений, усовершенствований и вообще новостей по всем отраслям техники и промышленности. Возрастание самосознания инженеров, укрепление их ведущего места в современном обществе требует и открытого обсуждения этой проблематики.

²³⁵ Устав Московского общества распространения технических знаний. М., 1870.

²³⁶ Временник Общества содействия успехам опытных наук и их практических применений им. Х.С. Леденцова. М., 1910. С. 10.

Известный русский ученый, один из вождей Партии народной свободы, член Государственной Думы, впоследствии министр иностранных дел Временного правительства Павел Николаевич Милоков следующим образом характеризует ее развитие в этот период в своих фундаментальных «Очерках по истории русской культуры»: «Последние остатки принудительного труда (на помещичьих фабриках) были брошены как непригодный обломок старого, отошедшего в вечность экономического строя. Немногие уцелевшие до эмансипации дворянские крепостные фабрики также принуждены были закрыться в ближайшее десятилетие после падения крепостного права. Меновое хозяйство после крестьянской реформы могло торжествовать окончательную победу над натуральным. С каждым годом Россия все более укреплялась на новой ступени экономической жизни, на которой индустриализм явился необходимым продуктом внутреннего развития»²³⁷. Формируется русский инженерный корпус с высоким уровнем профессионализма и одновременно самосознания и гражданственности.

Одним из образцовых примеров может служить Московская золотоканительная фабрика, ставшая под руководством крупного русского инженера Т.М. Алексеенко-Сербина²³⁸ крупнейшим в России металлообрабатывающим предприятием²³⁹. Алексеенко-Сербин проявил много изобретательности в совершенствовании и перестройке производства тогда, когда при падении спроса на золотоканительные изделия он подготовил фабрику к переводу на производство совершенного нового наукоемкого продукта – электрических проводов, что диктовалось к началу Первой мировой войны также военными нуждами. Он создал цех изолирующих резиновых смесей, поскольку химический состав таких смесей, поставляемых тогдашними мануфактурами, не соответствовал нормам кабельной промышленности. Организация производства эмалированной проволоки потребовала разработки рецептуры эмалировочной массы, державшейся зарубежными фирмами в секрете, на основе собственных исследований и экспериментов. Он

²³⁷ Милоков П.Н. Очерки по истории русской культуры. Ч. 1: Население, экономика, государственный и сословный строй. СПб., 1909. С. 96, 97.

²³⁸ См.: Ламан Н.К. Тихон Михайлович Алексеенко-Сербин. М., 1979.

²³⁹ Главным инженером и владельцем этой фабрики долгое время был известный режиссер и артист Константин Сергеевич Станиславский (Алексеев).

сумел в краткий срок с помощью работников завода сконструировать и построить эмалировочные печи, разработать в лабораториях завода технологический процесс и выдать первые партии эмалированной проволоки. Позже Т.М. Алексеенко-Сербин организовал на фабрике электроламповое производство, что потребовало создания целого ряда новых цехов. Все его организационные, конструкторские и технологические нововведения сопровождались тщательными лабораторными исследованиями в организованной им и хорошо оборудованной фабричной физико-химической лаборатории. Как видно из этого примера, российские инженеры, созданные ими научно-технические лаборатории и руководимые ими предприятия были способны совершенствовать и создавать новые наукоемкие производства даже в условиях разрыва установившихся ранее хозяйственных и научно-технических связей с зарубежными поставщиками и предприятиями. Таким образом, именно развитое научное инженерное образование, как показывает опыт XIX и XX столетий, является одной из главных предпосылок успешной технической модернизации общества.

Различие научной экспериментальной и научной инженерной деятельности может быть проиллюстрировано на примере Генриха Герца и Оливера Лоджа, которые работали в одном направлении и преследовали идентичные научные цели. Но у них наблюдаются и серьезные различия в используемой экспериментальной технике. Как было уже указано выше, Герц унаследовал свою достаточно хорошо оснащенную лабораторию в университете г. Карлсруэ от Фердинанда Брауна. Лодж, напротив, получив в 1881 г. место профессора экспериментальной физики в университетском колледже Ливерпуля, вынужден оснащать свою лабораторию сам, поскольку вообще не было никакого лабораторного оборудования. При этом он стремится создать учебную лабораторию, в которой студенты должны были учиться сами выполнять эксперименты. Герц, отказавшись от экспериментирования с длинными проводниками, обратился к исследованию непосредственного излучения электромагнитных волн от антенны. Лодж экспериментирует преимущественно с длинными проводниками для исследования генерируемых им электромагнитных волн. Он работал, таким образом, с закрытой цепью, изучая в них электрические колебания, что способствовало выявлению и изучению феномена электрического резонанса. Герц

же работал с открытой цепью, в которой колебания быстро затухают, поскольку они теряются в пространстве. Поэтому феномен резонанса, который играет в исследованиях Лоджа центральную роль, для Герца имеет лишь случайное значение. Таким образом, Герц изобрел техническую базу для искровой телеграфии, а Лодж открыл технику регулирования. Оба они сделали это в качестве побочного продукта их основной научной деятельности. Герцем была создана система лабораторного оборудования, используемого для генерации, излучения и обнаружения радиоволн, хотя он преследовал цель экспериментальной проверки электродинамической теории Максвелла. Впрочем, экспериментальная проверка максвелловских уравнений была проведена и Лоджем почти одновременно с Герцем. Более утонченное и чувствительное экспериментальное оборудование, разработанное Лоджем, уже могло быть использовано в качестве средства передачи сообщений на расстояние, хотя он и занимался, главным образом, демонстрацией экспериментов на своих публичных лекциях, где это оборудование рассматривалось более как курьез, интригующий публику. В 1894 г., когда он продемонстрировал радиосвязь, у него не возникало даже мысли о коммерческой разработке своих научных и технических идей, хотя в отношении разработки более утонченного экспериментального оборудования Лодж в гораздо большей степени, чем Герц, стремившийся лишь доказать волновой характер электромагнитного излучения, работает как инженер, стремясь, чтобы с помощью этого оборудования «некоторые догадки гения могли быть проверены и сделаны очевидными для рядового человека»²⁴⁰. Разрабатывая новое экспериментальное оборудование Герц действует, по сути дела, как инженер, однако не имеет в виду какое-либо техническое применение своих экспериментальных устройств. «Опыты Герца пока кабинетные: но что из них разовьется дальше и не представляют ли они зародыш новых разделов электротехники, этого решить в настоящее время пока невозможно», – писал в 1890 г. О.Д. Хвольсон²⁴¹. И математический аппарат, и опыты служат для

²⁴⁰ *Aitken H.G.J.* Syntony and spark – the origin of radio. N.Y., 1976; 50 лет радио. Вып. 1: Из предыстории радио. Сб. оригинал. ст. и материалов. М.; Л., 1948. С. 443.

²⁴¹ *Хвольсон О.Д.* Опыты Герца и их значение // 50 лет радио. Вып. 1: Из предыстории радио. Сб. оригинал. ст. и материалов. С. 415.

него лишь средством предсказания и объяснения физического процесса – распространения электромагнитных волн в пространстве. Однако именно благодаря его работам электродинамика получила как раз тот вид, который позволил отпочковаться от нее новой сфере инженерной деятельности и соответствующей ей технической теории²⁴². Впрочем, следует, однако, отметить, что созданный Герцем экспериментальный базис был необходимым, но еще не достаточным условием для этого. Потребовалось еще почти столетия, пока вызванная открытием Герца и изобретением телеграфии без проводов (радио) новая отрасль техники и промышленности породила и новую техническую науку – теоретическую радиотехнику. Первые шаги этой науки развивались в лоне естественнонаучной дисциплины – физики электромагнитных колебаний – и были связаны с совершенствованием экспериментального оборудования, т. е. техники науки, постепенно переросшей в технику повседневной жизни.

На это его натолкнули эксперименты в 1886–1889 гг. с имеющимся в техническом университете Карлсруэ экспериментальным оборудованием, т. е., другими словами, экспериментальная техника. Сам Герц оценивает это как счастливый случай, поскольку он сам был удивлен результатам его опытов с имевшимися в университете Карлсруэ спиральями, и отмечает позже: «Я не верю, впрочем, что с помощью только одной теории было бы возможно продвинуться к этим явлениям»²⁴³. Однако, как и в случае телескопа Галилея, он сделал *теоретический прорыв*, поставив свои ставшие очень быстро классическими *эксперименты по распространению электромагнитных волн, которые подтвердили теорию Фарадея-Максвелла*, с одной стороны, а с другой – *открыли путь ее техническому применению*. Это техническое применение никак не планировалось и вообще не предполагалось Герцем, однако с очевидностью вытекало из его экспериментов и теоретических выводов, потому что естественнонаучную теорию Герца можно одно-

²⁴² См.: 50 лет волн Герца. М.; Л., 1938; *Friedenburg H.* Die Karlsruher Experimente von Heinrich Hetz. In: *Fridericiana. Zeitschrift der Universität Karlsruhe.* Heft 41. Karlsruhe, 1988. S. 39-57; *Hertz H.* Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Leipzig, 1892.

²⁴³ См.: *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft von Dr. Heinrich Hertz.* Leipzig, 1872. S. 2.

временно считать теорией естественного (физического – электромагнитного) процесса и исходным пунктом теории нового вида техники – техники передачи электромагнитных волн на расстояние без проводов. Менее десятилетия разделяет опыты Герца и первые успешные результаты их практического использования для передачи сообщений на расстояние без проводов Поповым и Маркони. Именно в этой двойственности экспериментального естествознания и заложена потенциальная возможность возникновения технической науки и основанной на ней инженерной деятельности.

Глава 7

Технонаука как новый этап в развитии современной науки и техники

В последнее время стало модным употреблять термин «технонаука», часто не отдавая себе отчета в том, что этот термин обозначает. Как подчеркивает немецкий философ Альфред Норманн, происходит эпохальный фундаментальный сдвиг в исследовательской культуре, выразившийся в появлении технонауки. «Технонаука – это гибридное образование. <...> Если дело науки – это теоретическое представление вечной и неизменной природы, а дело техники – контролировать мир, вмешиваться и изменять “естественный” ход событий посредством технического вмешательства, в гибридной “технонауке” мы встречаемся с тем, что теоретическое представление переплетается с техническим вмешательством. <...> В технонаучном исследовании дело теоретического представления не может быть отделено *даже в принципе* от материальных условий производства знания»²⁴⁴.

Чаще всего этот термин употребляется в связи с развитием нанотехнологии, которой присваивается наименование нанотехнонауки. И действительно именно в этом случае становится трудно отделить научное исследование от развития технологии, теоретические исследования от экспериментальных, а научный эксперимент

²⁴⁴ Nordmann A. Collapse of Distance: Epistemic Strategies of Science and Technoscience. This is the revised version of a plenary lecture at the annual meeting of the Danish Philosophical Association Copenhagen, March 2006. [Электронный ресурс] http://www.uni-bielefeld.de/ZIF/FG/2006Application/PDF/Nordmann_essay2.pdf (дата обращения: 11.04.2012).

от промышленного производства, называемого нанофабрикацией. Однако это совсем не означает отказа от фундаментальных исследований в пользу прикладных разработок. Напротив, без первых именно в нанотехнонауке не только невозможно второе, но и абсолютно нереализуемой становится нанофабрикация. Это и понятно. Экспериментальное оборудование в современной науке – плод сложнейших теоретических размышлений и служит для их развития и подтверждения, а часто и опровержения. Но то же самое экспериментальное оборудование становится инструментом новейших технологий. Например, при исследованиях, проводимых с помощью туннельного микроскопа, одновременно создаются новые наноструктуры²⁴⁵. При этом основная проблема заключается в том, что ученые, еще не разобравшись в сути природных процессов и главное возможных последствий их технологического применения для человека, окружающей его природной среды и общества уже запускают свое детище в мир.

Таким образом, технонаука отнюдь не означает сведение науки к технике, а фундаментальных исследований к прикладным и не отказ от социально-гуманитарной составляющей современной науки и техники²⁴⁶. Как раз совсем наоборот. Именно вопросы влияния науки и техники на социум, на окружающую природную среду и на человека выходят здесь на первый план. Поэтому в обиход входит еще один новый термин – наноэтика²⁴⁷. Даже в сугубо специализированных трактатах по нанотехнонауке мы обнаруживаем разделы, посвященные наноэтике и социальным влияниям нанотехнологии.

Кроме того, часто поборники так называемого «чистого» исследования, направленного на познание истины, апеллируют к науке Нового времени, утверждая, что тогда наука была поиском истины, а вот теперь ее портят прикладными задачами и техническими интенциями. Однако это ходячий миф. Как раз новая наука

²⁴⁵ «Nanowriter» – это прибор для научного исследования и одновременно для фабрикации наноструктур (см.: *Ahmed H. Nanostructure Fabrication // Proceedings of the IEEE. 1991. Vol. 79. No. 8. P. 1145*).

²⁴⁶ *Горохов В.Г., Сидоренко А.С. Роль теоретических исследований в развитии новейших технологий // Вестн. РАН. 2009. № 9.*

²⁴⁷ *Горохов В.Г. Наноэтика как комбинация научной, технической и хозяйственной этики // Общественные и гуманитарные науки: тенденции развития и перспективы сотрудничества / Сост. и ред. Л.К. Пипия. М., 2009.*

Галилея была создана для обслуживания тогдашней технической практики и была еще по сути дела технонаукой, из которой позже вычленились естественные и технические науки²⁴⁸. Многие твердо верили тогда, что искусные инженеры – механики и гидравлики – способны «перехитрить» или даже «перебороть» саму природу в противовес тем, кто занимался «естественной философией» и утверждал, что природа доминирует над техникой. Галилей формулирует третью позицию в вопросе соотношения науки и техники, которая и легла в основу всего последующего развития естествознания и технических наук.

Технонаука как комбинация естественнонаучной и технической теорий

Естественнонаучная теория призвана давать предсказание хода природных процессов с помощью математических методов и технически подготовленного эксперимента. Техническая же теория направлена на формирование теоретических основ создания новых технических систем на базе знаний, полученных в процессе исследования природных процессов. В принципе они очень похожи по структуре и методам, но отличаются своей направленностью. Естествознание, собственно говоря, со времен Галилея изучает природу в технически подготовленном эксперименте, а техническая наука делает то же самое для понимания принципов создания технических систем. В эпоху Возрождения и Новое время вообще было трудно их разделить. Галилей не столько развивал естествознание в поисках истины, сколько с помощью естествознания стремился корректировать и обосновывать ошибки тогдашних инженеров, часто не учитывавших естественнонаучные законы. Но разделившись, они, тем не менее, постоянно подпитывают друг друга.

В технонауке, с одной стороны, как в классическом естествознании, на основе математических представлений и экспериментальных данных строятся объяснительные схемы природных яв-

²⁴⁸ *Горохов В.Г.* Технонаука Галилео Галилея: размышления по поводу книги Матео Валериани «Галилео – инженер» (*Valleriani M. Galileo engineer. Dordrecht; Heidelberg; L.; N. Y.: Springer, 2010*) // *Вопр. философии.* 2013. № 1. С. 105–116.

лений и формулируются предсказания хода определенного типа естественных процессов, а с другой стороны, как в технических науках, конструируются не только проекты новых экспериментальных ситуаций, но и структурные схемы новых, неизвестных в природе и технике систем.

Однако техника – это не только использование природных процессов для пользы человека, но и сложный социальный феномен. Поэтому технаучка принадлежит сегодня постнеклассическому этапу развития науки, т. е. включает в себя и учет социальных факторов и этических установок. Но в эпоху классической науки именно этот аспект постепенно изгоняется из сферы науки. Во времена Галилея социальные факторы играют еще важную роль: изобретения становятся важной социальной функцией новой науки, ею увлекаются не только сами ученые, но и короли, герцоги, вельможи разного ранга. Но Лондонское королевское общество в своем статуте однозначно провозглашает эмансипацию от всех вопросов религии, этики и т. п. (т. е. «не вмешиваясь в богословие, метафизику, мораль, политику, грамматику, риторику и логику»), отстаивая свою независимость и возможность свободного развития²⁴⁹. На первых порах в публикациях этого общества превалируют практические технические вопросы, но постепенно вычлняется ядро фундаментальных исследований. Техника продолжает, конечно, играть в естествознании важную, но внутреннюю роль – как техника эксперимента. Другое дело, что эта экспериментальная техника становится в конечном итоге прообразом новой насыщенной наукой практической техники и инженерной деятельности. Если во времена Галилея один из инженеров провозгласил лозунг «все же искусство важнее природы»²⁵⁰, то именно Галилей всей своей деятельностью по-

²⁴⁹ Цели и задачи Лондонского королевского общества были сформулированы Робертом Гуком. «...он был не только ученым. Гук был талантливым изобретателем, выдающимся архитектором и градостроителем, отличным организатором, профессором и поистине гениальным экспериментатором» (См.: *Боголюбов А.Н.* Роберт Гук (1635–1703). С. 5).

²⁵⁰ Этот инженер (Бернардо Буонталенти) специально выбрал самое неудобное место для виллы великого герцога Тосканского недалеко от Флоренции (вилла Праголино), чтобы доказать преимущество техники и инженерного искусства перед природой.

казал, что без знания законов природы, даваемых новой наукой, невозможно развитие техники²⁵¹. С этой позиции он критикует инженеров-практиков, стремящихся строить машины противные природе, противоречащие законам природы, «невозможные по самой своей природе», «не учитывая основы ее устройства».

С Нового времени наука стала осознаваться как средство умножения человеческих знаний с целью создания искусственных условий и устройств для облегчения его жизни. Бэконовская уверенность в том, что научно-технический прогресс одновременно является гуманным прогрессом, поддерживалась более поздней идеей разведения этически нейтрального знания и моральной ответственности за его применение во вред человечеству. Задачей бэконовской программы развития науки было убеждение сильных мира сего в необходимости и полезности для общества и государства финансовой и организационной поддержки науки. Эта программа состояла в том, чтобы «организовать науку в виде изобретательского предприятия и так ее социально институционализировать, чтобы ее изобретения служили на пользу человеку»²⁵². Сегодня этого уже недостаточно и на первый план выходит социальная и этическая оценка науки и техники. Современный этап развития науки и техники наглядно показал те границы, за которыми наука и техника, сегодняшняя или будущая, сталкивается с неразрешимыми для нее, или, лучше сказать, самую ею развитыми научными и техническими проблемами. Развитие представления о научно-техническом прогрессе связано с идеей делаемости или проектируемости всего и вся, т. е. принципиальной возможности и даже необходимости реализовать, осуществить, исполнить то, что задумано, замыслено, запроектировано в научных разработках и что по умолчанию является благом для человечества, с иллюзией того, что наука способна раньше или позже с достаточной степенью точности предсказать, предусмотреть, предвидеть и, по крайней мере, свести к минимуму всякие негативные последствия этих научных проектов.

²⁵¹ В отличие от мнения многих тогдашних инженеров-практиков, что механические искусства выше природы и помогают человеку господствовать над ней, Галилей считает, что законы природы и законы механики принадлежат одной и той же области.

²⁵² *Böhme G.* Am Ende des Beconschen Zeitalters // *Wissenschaft und Gesellschaft.* 1992. Nr. 3. S. 129.

Междисциплинарность современной технонауки, направленной на создание сложных социотехнических систем

Современный этап научно-технического развития характеризуется тем, что наряду со специализацией науки и техники новые продуктивные идеи и направления появляются прежде всего на границе различных научных и технических областей или, другими словами, важнейшей отличительной чертой последнего времени стало стремление к междисциплинарности. В нанотехнонауке, например, используются понятия и представления различных научных теорий: классической и квантовой физики и химии, структурной биологии и т. д., поскольку в наносистемах протекают естественные процессы различной природы – химические, физические, биологические и т. п.

Постоянные дискуссии о правомерности той или иной точки зрения, стремление определить и переопределить проблему, обращение к истории науки, искусства и культуры за образцами и обсуждение методологических оснований комплексного исследования не являются знаком его недостаточной развитости. Это не означает недостижимости идеала естественнонаучного исследования, или, иными словами, монологического порядка знания, а является нормальным и даже необходимым состоянием, одна из важнейших черт которого и заключается в стремлении к плюрализации порядка знания в исследовании и обучении.

К концу XIX – началу XX столетия возникает множество технических наук со своими техническими теориями, отличными от естественнонаучных теорий, но аналогичными им: теория механизмов и машин, теоретическая электротехника и радиотехника, теоретическая радиолокация и т. п.²⁵³. Сами проектируемые технические системы становятся настолько сложными, что для их создания требуются знания многих научных дисциплин и областей инженерии. Над созданием проектов противозвушной обороны, коммуникационных, энергетических, ирригационных систем, градостроительных и производственных комплексов, автоматизированных систем управления трудится целая сеть институтов, насчитывающих сотни высококвалифицированных специалистов.

²⁵³ Подробнее об этом см.: *Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения).

Сложная социотехническая система конструирует окружающую среду как данную реальность и через эту процедуру утверждает и себя саму как реально существующую. Важно, чтобы при этом она не становилась источником повышенных технологических рисков и не вела к социальным катастрофам, как, например, при сбросе лишней воды с плотин гидроэлектростанций или красного шлама бокситного производства. Сложность современных социотехнических систем связана в первую очередь не с техническими, а с социальными факторами. В этом и состоит особенность очередного витка эволюции сложности технических систем в условиях роста технологических рисков. Система становится настолько сложной, что не в состоянии не только управлять своей деятельностью и развитием, но и предсказывать негативные сценарии такого развития и способы их преодоления. И здесь уже часто не работает традиционное математическое моделирование.

Необходимо принимать во внимание, что при использовании математических вычислений учитываются лишь те отношения, которые доступны математической обработке, т. е. могут быть количественно выражены или выразимы. Кроме того определены вероятности того или иного события, которое может привести к аварии, затрудняется тем, что оно часто лежит за пределами познаваемого, а ее последствия измеряются не только в аспекте принесенного материального ущерба, как показали чернобыльская катастрофа и авария на Фукусиме. Если раньше вопрос о рисках рассматривался лишь в рамках теории принятия решений с математическим уклоном и областью применения в сфере экономического страхования рисков, то сегодня в обсуждение этой темы включились также юристы, психологи и социологи, подчеркивающие, что технические инновации являются гипотетическими социальными структурами, создаваемыми не в лабораториях, а в рамках социотехнической деятельности, вторгающейся в профессиональную, общественную и даже частную сферы.

Собственно говоря исследовательские технологии всегда бегут впереди паровоза и проектируют новые технологии в общественной жизни. Только раньше этот процесс был разделен во

времени, а теперь часто случается почти сразу²⁵⁴. Но при этом многократно возрастает опасность появления непредвиденных негативных последствий. Поскольку разрыв между исследованием и внедрением сократился, повысилась опасность распространения хотя и продвинутых в техническом и естественно-научном плане, но социально не апробированных технологий. Поэтому важную роль начинают играть специальные междисциплинарные исследования именно этих последствий. В ходе научно-технического развития, однако, выяснилось, что научное человеческое знание не способно научно все предвидеть, что можно лишь предусмотреть определенную степень риска новых научных технологий.

Ученый должен осуществлять постоянную рефлексию своей собственной научно-технической деятельности, соотнося свои действия с исследуемой им природой не как с безжизненным объектом манипулирования, а как с живым организмом, способным, кроме того, иметь собственное мнение и свободу действий, а иногда и неоднозначно отвечать на некорректно и слишком жестко поставленные исследователем и проектировщиком вопросы, например, в экстремальных случаях даже катастрофами, вызванными неадекватной технической реализацией, основанной на слишком жесткой и самоуверенной научной предпосылке. Сам этот объект – природа, которым пытается манипулировать (часто безуспешно) ученый и инженер, не существует отдельно от выросшего и «паразитирующего» на ее теле общественного организма, в интересах которого, в конечном счете, действует или должна действовать любая наука и техника. Поэтому «исследуемый объект» включает в себя на самом деле обладающие правом на самостоятельные мнение и действия субъекты, интересы которых могут затрагивать конкретные научные проекты²⁵⁵. Эксперты-специалисты обязаны учитывать эти мнения и деятельность свободных общественных индивидов, включенных в сферу их исследования и проектирования уже на стадии предварительной оценки последствий новей-

²⁵⁴ См.: *Hentschel K.* (Hrsg.). *Zur Geschichte von Forschungstechnologien: Generizität – Interstitiätät – Transfer.* Diepholz; Berlin; Stuttgart, 2012.

²⁵⁵ См.: *Ламур Б.* Когда вещи дают сдачи: возможный вклад «исследований науки» в общественные науки // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия.* 2003. № 3. С. 20–39.

ших научных и инженерных технологий. В этом смысле производство научного знания становится неотделимым его применения, а они вместе от этики ученого и инженера, которая в свою очередь неразрывно связана с социальной оценкой техники как прикладной сферой философии техники²⁵⁶.

Бурный прогресс нанонауки и нанотехнологии ставит перед учеными по-новому многие старые философские проблемы и выдвигает на первый план целый ряд новых методологических, социальных, когнитивных и т. п. проблем, осмысление которых требует высокого философского уровня, т. е. должно проводиться с участием профессионалов в этой области. Однако и сама философия науки не может существовать без активного взаимодействия с развивающейся наукой. Поэтому философы, особенно философы науки и техники, обязаны в тесной кооперации и диалоге с учеными-специалистами осмысливать вновь возникающие философские проблемы в научно-технической сфере, в том числе и такой феномен, как технонаука.

Технонаука, таким образом, не сводится только к объединению знаний и методов различных наук в том числе и социально-гуманитарных, но вынуждена ориентироваться рынок и политику, а значит и на общественное мнение в широком понимании этого слова.

Технонаука как новый тип стыковки научного знания с обществом и политикой

Изменение в системе научного знания привели к тому, что оно становится все более тесно связанным с общественностью и политикой. Этот период часто обозначают как постнормальная наука. Эти изменения роли науки в обществе, с одной стороны, ведут к усилению ее влияния на общественную жизнь, а с другой – к выдвиганию к ней все новых претензий и требований со стороны общества и правительств. Иначе говоря, наука становится сама

²⁵⁶ *Горохов В.Г., Грунвальд А.* Каждая инновация имеет социальный характер! (Социальная оценка техники как прикладная философия техники) // Высш. образование в России. 2011. № 5.

не только междисциплинарной, но и трансдисциплинарной, т. е. вынуждена принимать участие в выработке и обосновании общественных решений²⁵⁷.

Однако такая детерминация развития науки «сверху» или «со стороны» может привести к ошибочному выбору приоритетов и сворачиванию перспективных направлений за счет конъюнктурно выгодных. Таких исторических примеров можно привести множество. Например, отказ Геринга от финансирования развития бортовой радиолокации на том основании, что немецкие самолеты настолько хороши, что в ней не нуждаются. Только когда в 1943 г. был сбит английский самолет с такой станцией прицельного бомбометания, стало очевидно, почему англичане так эффективно топят немецкие подводные лодки. Но было уже невозможно развернуть исследования в этом направлении. Поэтому речь должна идти скорее не о «жестком» управлении наукой, а о создании соответствующей социальной среды, стимулирующей ее развитие. Наиболее подходящий пример – атмосфера поддержки любых инноваций в Венецианской республике²⁵⁸ и вообще в Италии и Западной Европы в эпоху Ренессанса и Нового времени. Тогда все, в

²⁵⁷ См.: *Beecroft R., Dusseldorp M. Technikfolgen abschätzen lehren – Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Zur Einführung // M. Dusseldorp, R. Beecroft (Hrsg.) Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Wiesbaden, 2012. S. 11–38.*

²⁵⁸ «Непомерно тяжкие условия жизни флорентийских красильщиков вынуждали многих из них покидать свой город, славящийся прекрасными тканями и цветной одеждой. Флорентийские красильщики были в полной зависимости от цехов ткачей и портных: последние определяли расценки за их работу и относились к ним как к поденщикам. Толпы искусных мастеров-красильщиков, проклиная Флоренцию, уходили из города и устремлялись в Венецию. Здесь их принимали охотно, и с появлением флорентийских беженцев красильное дело в Венеции сильно шагнуло вперед. В Венеции красильщиков разделили на три категории. Красильщиков, работающих по черной и по другой простой краске объединили в цех, который пополнялся из учеников-подмастерьев. Чтобы претендовать на звание мастера, они должны были проработать одиннадцать лет. <...> прежде чем подмастерья получали звание мастера, они сдавали трудные практические экзамены. <...> были еще две категории красильщиков – красильщики по ценным тканям и красильщики по шелкам. Они не входили ни в какие цехи, а работали как самостоятельные мастера. Вместе с ними в Венецию переселилось немало и ткачей: созданные ими узоры <...> стали известны по всему миру» (*Харт Г. Венецианец Марко Поло. М., 1999. С. 245–246.*)

том числе короли и герцоги стремились заполучить новые знания и изобретения и усовершенствовать их. Сегодня считается, что эту функцию берет на себя рынок, но он зачастую предпочитает затормозить конкурирующие технологии, если это возможно, а не финансировать за редким исключением что-то новое, если этому не противостоит государственная политика²⁵⁹. Поэтому трансдисциплинарность амбивалентна, и это нужно себе ясно представлять. Любое общественное мнение или мнение чиновников должно, в свою очередь, быть подкреплено научными исследованиями, свободными от лоббирования чьих-то интересов или от псевдоисследований «ручных» квазинаучных организаций.

Как сказано в докладе экспертной группы MASIS (Monitoring Activities of Science in Society = мониторинг деятельности науки в обществе) в Европе «Многообещающее будущее науки в обществе», подготовленном для Еврокомиссии: «Ясно одно, в настоящее время имеют место преобразования в самой системе науки и ее отношениях с обществом и в обществе. Но это совсем не значит, что нужно приостановить традиционные типы исследований в науке...»²⁶⁰. Наша страна, однако, все время становится полем проведения масштабных социальных экспериментов, зачастую имеющих негативные социальные последствия. Поэтому создается даже впечатление, что в том и состоит наша историческая миссия – показать миру, как не надо делать. Когда у нас речь заходит о реформах, невольно вспоминаются пассажи из Островского и Салтыкова-Щедрина. В пьесе Островского «На всякого мудреца довольно простоты» генерал пишет (точнее, за него пишут) трактат «О вреде реформ вообще». Он, характеризуя результаты таких реформ, говорит: хорошо стоял стол на ножках, крепко стоял, прочно, нет, давайте его теперь вверх ногами поставим <...> Известный российский общественный деятель, консерватор Катков также хорошо написал о российских реформах, что все они идут сверху, без учета сложившихся в обществе реалий, поэтому и проваливаются. Народ сопротивляется, как может. Но,

²⁵⁹ *Pestre D. The Technoscience between Markets, Social Worries and the Political: How to Imagine a Better Future // H. Nowotny, D. Pestre, E. Schmidt-Aßmann, H. Schulze-Fielitz, H.-H. Trute. The Public Nature of Science under Assault. Politics, Markets, Science and the Law. Berlin; Heidelberg, 2005. P. 29–52.*

²⁶⁰ *Challenging Futures of Science in Society – Emerging trends and cutting-edge issues – Report of the MASIS Expert Group setup by the European Commission. P. 12.*

чтобы противостоять им, в тогдашней (как и в теперешней) России отсутствует здоровый консервативный социальный слой. Поэтому, как сказал Салтыков-Щедрин, познавший российские бюрократические механизмы изнутри, может прийти некто на белом коне, сжечь гимназию и упразднить науку.

Примерно такую же ситуацию мы наблюдаем и сегодня в связи с «реформой» науки с той лишь разницей, что бюрократия разрослась неимоверно по сравнению с царизмом или даже советской властью и навязывает обществу свои законы. Если во времена «проклятого» царизма, как рисовали на широко известной карикатуре после октябрьского переворота, был один с сошкой, а семеро с ложкой, то теперь с ложкой, как писал Брюсов о скифах, тьмы и тьмы и тьмы и с жадными глазами. Зато с «сошкой», благодаря усилиям всех властей за последние почти сто лет, не осталось вообще почти никого.

Совершенствование техники эксперимента как прообраз технонауки

Одним из первых, кто особое внимание уделил технике наблюдения в астрономии, был Тихо де Браге, хотя он еще работал почти полностью в старой догалилеевской парадигме. Разрабатываемое им оборудование для астрономических наблюдений было достаточно изощренным и более точным, чем у других тогдашних астрономов, но это было все же традиционное оборудование именно наблюдения, а не эксперимента. Основной целью совершенствования научного оборудования для него было повышение точности астрономических наблюдений и измерений²⁶¹. Никколо Тарталья, напротив, использовал астрономическое оборудование (квадрант) для решения технических задач (определения траектории полета артиллерийских снарядов)²⁶². В Новое время многие ученые были

²⁶¹ *Белый Ю.А.* Тихо де Браге. М., 1982. С. 167–168.

²⁶² Об этом прекрасно написал в предисловии к публикации книги Тартальи «Новая наука» на английском языке Маттео Валлериани: «Квадрант является эпистемологическим инструментом, который инициирует процесс теоретической абстракции, завершающийся формулировкой вопросов для бомбардиров. Благодаря этому инструменту бомбардир способен описать свою деятельность понятным образом тем, кто не знаком с его работой, но кто вла-

буквально помешаны на решении задач так называемой практической математики, т. е. прежде всего разработки методических приемов и инструментов облегчающих расчеты в области артиллерии, фортификации, коммерческой деятельности. У Галилея же впервые разрабатывается именно экспериментальное оборудование, зачастую двойного применения, как телескоп для астрономических наблюдений и бинокль для морского флота. Весы были наиболее точным измерительным инструментом именно благодаря их использованию в коммерческой деятельности, а часы – еще не были (до изобретения маятниковых часов Галилеем и их усовершенствования Гюйгенсом). Поэтому Галилей для измерения времени использует оригинальным способом именно весы. Измеряя клепсидрой время прохождения шариком различных расстояний на наклонной плоскости, он придумал оригинальный способ измерения времени, взвешивая каждый раз на весах разное количество воды, просочившейся через отверстия в наклонной плоскости. Другой пример трансферта знаний в ином направлении – из науки в практику техники – дает Роберт Гук, который был штатным экспериментатором Лондонского королевского общества. Шарнир Гука, изобретенный им для поддержки микроскопа и телескопа в научном эксперименте, прочно перекочевал в техническую механику²⁶³. Таким образом, взаимодействие техники эксперимента и техники повседневной жизни были в процессе становления экспериментального естествознания весьма велики и в каком-то смысле могут рассматриваться как прообраз современной технонауки.

В сущности, ученые начиная с эпохи Возрождения и Нового времени активно занимаются совершенствованием техники для эксперимента, транслируя образцы научного подхода к технике в

деет необходимыми математическими познаниями в области евклидовой геометрии или же физическими знаниями аристотелевской динамики. Квадрант, таким образом, представляет собой не только связующее звено между теорией и практикой в период следующий за публикацией книги Тарталья «Новая наука», но и средством, с помощью которого возможен переход от простого опыта к рождению нового теоретического предмета» (*Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The Nova scientia of Nicolò Tartaglia. A New Edition.* Matteo Valleriani. English translation by Matteo Valleriani, Lindy Divarci and Anna Siebold. B., 2013. P. 43–44).

²⁶³ «Гук указывает на целый ряд применений этого механизма ...» (см.: *Боголюбов А.Н.* Роберт Гук. С. 116–117).

сферу сначала ремесленной, а затем и инженерной практики. Способы шлифовки кристаллического стекла для телескопов разрабатывали и Ньютон и Галилей и многие другие, причем точность их работы была завидной для практиков-ремесленников, которые подчас не могли за ними угнаться, но могли копировать их методы. Точная механика зарождается на службе науке. Например, Якоб Леопольд – создатель первой пока еще эмпирической классификации машин и механизмов – работал именно таким механиком. Механика повседневной жизни могла тогда быть все еще недостаточно точной. Этому пока не требовала практика.

В сущности именно научно-исследовательские технологии и были первыми прообразами того, что сегодня называют технаукой²⁶⁴. Они, как правило, разрабатывались или самими учеными или совместно с инженерами, находящимися на службе у науки. Кроме того, область их применения часто выходит за пределы узкого экспериментирования в рамках не только одной дисциплины, но часто и науки в целом, как, например, использование протонного реактора в медицинских целях.

Таким образом, хотя термин «технаука» является достаточно новым, сам феномен технауки имеет богатую историю с момента формирования экспериментального естествознания и технических наук, а также экспериментальных технологий. Однако с момента появления нанотехнологии этот феномен приобрел новое звучание, поскольку значительно ускорились темпы внедрения научных результатов не только в техническую практику, но и в нашу повседневную жизнь, а значит, и возросли технологические риски нанотехнауки²⁶⁵.

²⁶⁴ Hentschel K. (Hrsg.). Zur Geschichte der Forschungstechnologien. Diepholz; B.; Stuttgart, 2012.

²⁶⁵ О технологических рисках подробнее см.: Горюхов В.Г. Нанотехнологические риски и их возможные социальные последствия (Инновации и риск – дилемма современных нанотехнологий) // Человек в мире нанотехнологий: опыт гуманитарного анализа / Под ред. Б.Г. Юдина. М., 2011. С. 25–49.

Инновации и риск – дилемма современных нанотехнологий

В нанотехнонауке сегодня происходит процесс переосмысления структуры всего существующего мира и его материальных оснований, аналогичный тому, который наблюдался в шестидесятых и семидесятых годах прошлого столетия в связи с развитием системного подхода и системных представлений. Всем (и не только ученым) окружающий нас мир, как и населяющие его искусственные и естественные объекты и процессы, открылись внезапно как сложные развивающиеся системы. Так и сегодня между мирами макро- и микрообъектов и процессов обнаружился скрытый до того от нас мир нанообъектов, нанопроцессов, наноматериалов и т. п. Этот мир невидим человеческому глазу без специальных приборов, как и до открытий Галилеева телескопа неисчерпаемый звездный мир, но ученые научились манипулировать наночастицами и конструировать из них новые вещи и материалы с новыми заранее определенными свойствами и качествами. Они стали демонстрировать и объяснять всему миру с помощью компьютерной симуляции научных картин, как этот невидимый мир устроен и как он влияет на нами воспринимаемую реальность. Согласно Куну, именно смена научной картины мира и ее влияние на культуру в целом является признаком научной революции.

Английский художник, специалист в области компьютерной графики Баум (Julian Baum) в конце 1980-х гг. создал футуристическую картинку, на которой можно увидеть нанороботов, чистящих артерию человека (рис. 18). Нанороботы здесь смахивают на землеройную машину, снабженную антенной, в угольной шахте или промышленный пылесос. Они явно заимствованы из фантастических романов, изображавших космические корабли только теперь наноразмеров, которые мы и видеть-то не можем. Вторая картинка была продемонстрирована в 2000 г. фирмой *microGesc* на выставке *Expo* в Ганновере в качестве «фотографии», сделанной изнутри артерии и демонстрирующей прототип малюсенького медицинского инструмента (машины) для проведения в будущем диагностики и терапии внутри артерии (рис. 18).

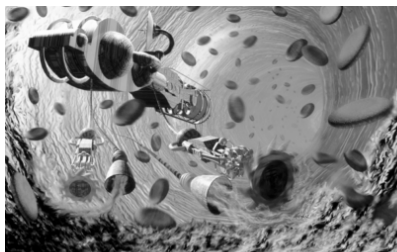


Abbildung 1: Visionäres Bild eines medizinischen Nanoroboters in einer Arterie; reproduziert mit Erlaubnis von Julian Baum / SPL / Agentur Focus.

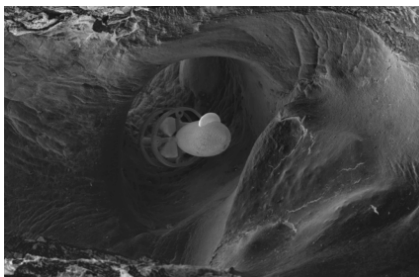


Рис. 18. Нанороботы в артерии человека²⁶⁶

Эти картинки в качестве визуальной репрезентации «наномедицинского будущего», помещенные в прессе, призваны убедить общественность в радужных перспективах наномедицины, но здесь опущен важный методологический аспект: каким образом получены эти изображения. Следует отметить, что такого рода футуристические картинки являются продуктом компьютерной графики и не имеют ничего общего с существующей технической реальностью. Они метафорически представляют нам «путешествие в наномир» или «погружение в человеческое тело» с помощью микрокапсулы эндоскопа, пилюли²⁶⁷ или гибридного искусственно изготовленного сферического нанососуда, транспортирующего целевым образом лекарство внутри нашего организма (рис. 19)²⁶⁸.

²⁶⁶ Lösch A. Antizipationen nanotechnischer Zukünfte: Visionäre Bilder als Kommunikationsmedien // Nanotechnologien im Kontext Hrsg. A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz Berlin, 2006. S. 226–227.

²⁶⁷ Lösch A. Nanomedicine and Space: Discursive Orders of Mediating Innovations // Discovering the Nanoscale. D. Baird et al. (Eds). Amsterdam, 2005. P. 198.

²⁶⁸ Dudia A. Nanofabricated Biohybrid Structures for Controlled Drug Delivery Proefschrift Universiteit Twente. Enschede: Gildeprint Drukkerijen B.V., 2007.

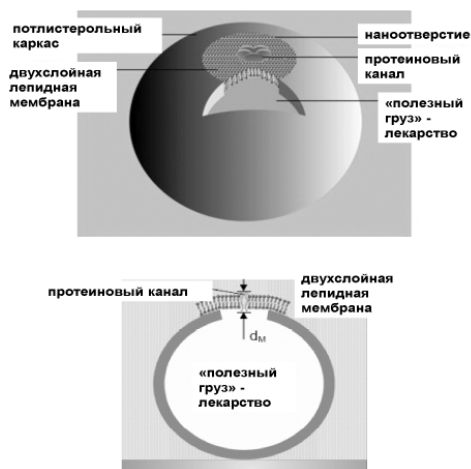


Рис. 19. Схематическое представление гибридного наноконтейнера, состоящего из герметичного полого полимерного каркаса с небольшим отверстием и «полезным грузом» лекарства внутри него. Синтетическая двухслойная липидная мембрана с вырезанным каналом герметизирует это отверстие²⁶⁹

Вопрос о том, каким целям служат эти картинки – научным, экономическим или рекламным (связи с общественностью), имеет в данном случае решающее значения, но, как правило, явно не артикулируется.

Таким образом, с одной стороны мы должны развести социокультурно структурированную реальность, с которой имеет дело нормальный человек в данном обществе, и научную картину мира, создаваемую и навязываемую обществу учеными через систему научного образования. Познав ее в школе и скорректировав через средства массовой информации и научно-популярную литературу, мы верим в ее истинность, как древние верили мифам. Об этом очень хорошо написал Томас Кун в своей первой и почти неизвестной российскому читателю книге «Коперниканская

²⁶⁹ Berger M. Biohybrid nanocontainers with controlled permeability. & Understanding the interactions of nanostructures with biological systems // 2008. Nanowerk LLC. [Электронный ресурс] <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=4972.php> (дата обращения: 23.11.2011).

революция»: «Готовность ученого основывать свое объяснение на определенной научной картине мира является указанием на его связь именно с этой картиной мира; знаком его веры, что его картина мира является единственно верной. Такая привязка или такая вера является, однако, рискованной, поскольку упрощенное описание и космологическая удовлетворенность ни в коей мере не может гарантировать того, что также всегда обозначается как “истина”. История науки пестрит бесконечным числом реликтов представлений, в которые сначала горячо верят, а потом заменяют совершенно новой теорией. Нет возможности доказать, что какая-либо теория является окончательной. Однако, является ли это риском или нет, можно утверждать, что эта привязка к определенной картине мира является общим и, возможно, неустранимым феноменом, что придает картине мира новую и важную функцию. Картины мира являются универсальными, их следствия не ограничиваются уже известным. <...> Двухшаровый универсум информировал ученого об отношениях солнца и звезд в таких частях мира, как южное полушарие и полярные регионы, которые он никогда не посещал. Дополнительно он информировал о движении звезд, которые он еще не наблюдал систематически. <...> Это – новые знания, которые первоначально были получены не из наблюдений, а непосредственно из картины мира <...> это давало Колумбу основания верить, что кругосветное путешествие возможно. Никакие путешествия не были бы предприняты и никакие наблюдения не были бы сделаны, если бы картина мира не указала путь <...> Путешествие Колумба – это лишь один из примеров продуктивности научной картины мира. Они, как и теории, ведут ученого в область неизвестного и говорят ему, на что он должен обратить внимание, и что ожидается ему открыть»²⁷⁰. И с этой точки зрения неважно, как, собственно говоря, выглядит действительная реальность. Важно лишь то, что ученый с помощью научной картины мира может правильно заранее спланировать и реализовать свою деятельность и получить желаемые результаты. Это вполне отвечает и устремлениям современной технологии, в частности нанотехнологии. Сущность явления может быть еще не до конца понята и теоретически объяснена, но уже

²⁷⁰ Kuhn T. *Kopernikanische Revolution*. Braunschweig; Wiesbaden, 1981. S. 40–41.

имеющиеся в нанотехнонауке представления позволяют найти точку приложения силы, запускающей природную цепь, которая сама собой выстраивается в необходимую упорядоченность.

В нанотехнонауке можно перескакивать от одной специализированной картины мира к другой, например, от биологической к физической, а затем к химической онтологии, от одной теоретической схемы к другой, не обращая внимания на то, что они принадлежат различным научным теориям. Например, «группа исследователей из Японии подтвердила осуществимость использования искусственно синтезированных ДНК, снабженных протениновым мотором, действующим на основе химической энергии, в качестве систем доставки определенных молекул. Этот принцип является типичным для работы мускулов и нервных клеток, которые способны автономно двигаться за счет преобразования химической энергии в механическую работу». Предполагается, что искусственная молекулярная транспортная система на основе мобильности микротрубочек станет альтернативой передвижению с помощью давления и электрокинетическим устройствам²⁷¹. В данном случае комбинируются механическая, химическая и биологическая онтологические схемы. Почти на одной и той же странице нанотехнологи перескакивают от одной физической картины мира к другой, которая ранее в истории науки зачастую рассматривалась как альтернативная первой. Скажем, электрон часто представляется не в виде локализованного в пространстве сферического тела, а как оболочка, растекающаяся по различным орбитам внутри атома. Например, в электронной силовой микроскопии «можно получить картинку электронной оболочки внутри атома» или «электронного облака», вращающегося вокруг атома, как это сделали в университете г. Аугсбурга в Германии²⁷². Однако тут же говорится о единичном электроны, двигающемся в потоке электронного луча, испускаемого электронной пушкой, или вдоль проволоки в электронной цепи или вращающимся вокруг ядра в атоме, обладая спином, или же перескакивающим через туннельный переход. А с

²⁷¹ *Berger M.* Molecular delivery system could lead to blood tests using a cell phone // *Nanowerk LLC*. 2008. [Электронный ресурс] <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=5494.php> (дата обращения: 23.11.2011).

²⁷² *Nanotechnology Innovation for Tomorrow's World*. European Communities, 2004. P. 15.

точки зрения квантовой теории он одновременно рассматривается как волна. Такие теоретические комбинации могут приводить и к важным техническим применениям: например, именно благодаря этому появилась возможность исследовать «ранее недоступные комбинации квантовых структур и магнетизма в полупроводниках», что открыло «новую область полупроводниковой физики и техники»²⁷³. В полупроводниках электрон рассматривается вместе с «дырками» как взаимосвязанная пара, а в спинтронике учитывается спин электрона, т. е. направление его вращения, что не принимается во внимание в классической электронике. В так называемой магниторезистивной памяти – MRAM (Magnetoresistive RAM), которая сможет заменить механически действующий жесткий диск современных компьютеров, информация запоминается благодаря использованию различных состояний спина электрона, меняя спин у отдельного электрона в единственном атоме, что может привести к созданию квантовых компьютеров, обладающих большим быстродействием и меньшим потреблением энергии²⁷⁴, особенно если они будут строиться на графеновой основе²⁷⁵. «С развитием нанотехнологии были исследованы различные молекулы от простых атомов до таких сложных структур как графены и углеродные нанотрубки с целью определения возможности их использования как молекулярных устройств»²⁷⁶.

В нанотехнологии активно используется и кибернетическая терминология и онтология: например, «тонкая структура края поглощения» «дает информацию о состоянии связей рассматриваемого атома», «микроволны могут нести полезную информацию о материале», «в образце, состоящем из наночастиц, площадь поверхности много больше, а размеры частиц порядка глубины проникновения, что делает возможным регистрировать сигнал от

²⁷³ *Ohno H.* Properties of ferromagnetic III-V semiconductors // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 1999. Vol. 20. P. 110, 129. [Электронный ресурс] <http://www.elsevier.com/jmmm> (дата обращения: 23.11.2011).

²⁷⁴ *Nanotechnology Innovation for Tomorrow's World*. European Communities, 2004. P. 27.

²⁷⁵ [Электронный ресурс] <http://www.natureasia.com/asia-materials/highlight.php?id=264> (дата обращения: 11.04.2012).

²⁷⁶ *Kim W.Y., Kim K.S.* 'Tuning Molecular Orbitals in Molecular Electronics and Spintronics' // *Accounts of Chemical Research*. 2010. Vol. 43. No. 1. P. 111, 112. [Электронный ресурс] www.pubs.acs.org/acr (дата обращения: 11.04.2012).

электронов проводимости». Как видим, совсем также, как в теории информации и кибернетике, даже электрон посылает сигнал исследователю, передавая полезную информацию о себе самом и своем поведении. Остается еще только отделить сигнал от шума, как это делается в спектроскопии на основе магнитного резонанса (исследование микроволновых и радиочастотных переходов), «представляющей информацию о наноструктурах»²⁷⁷. В нанотехнонауке говорится также о «молекулярной коммуникации», биохимических коммуникационных системах, «использующих коммуникацию от клетки к клетке». Это – уже описание в рамках кибернетической онтологии, даваемое с точки зрения теории коммуникаций (см. рис. 20), – «новая коммуникационная парадигма, в которой молекулы используются в качестве средств передачи информации»²⁷⁸.

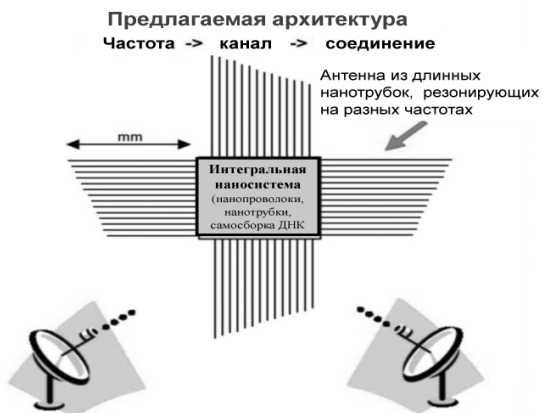


Рис. 20. Наноинформатика²⁷⁹

Такие прыжки от одной теоретической схемы к другой, от одной дисциплинарной картины мира к иной возможны только потому, что нанотехнонаука ориентируется на абстрактное представле-

²⁷⁷ Пул Ч., Оуэнс мл., Ф. Нанотехнологии. М., 2006. С. 60, 83, 74, 77, 75.

²⁷⁸ Berger M. Molecular delivery system could lead to blood tests using a cell phone.

²⁷⁹ Burke P.J., Li S., Yu Z. Quantitative Theory of Nanowire and Nanotube Antenna Performance. [Электронный ресурс] http://www.researchgate.net/publication/3435549_Quantitative_theory_of_nanowire_and_nanotube_antenna_performance (дата обращения: 23.03.2011).

ние «гибридных» наносистем. Предельно общие представления о наносистемах и наноструктурах по сути дела представляют собой нанокартину мира – наноонтологию, как некоторое время прежде выдвигалась на передний край науки системная картина мира и системная онтология, – некоторую «универсальную» для данного класса исследуемых и проектируемых объектов теоретическую схему. Эти теоретические схемы «имеют две неразрывно связанные между собой стороны: 1) они выступают как особая модель экспериментально-измерительной практики» и, добавим, проект основанного на этой модели технического действия и «2) одновременно служат системным изображением предмета исследования, выражением сущностной связи исследуемой реальности»²⁸⁰. Эта научная картина мира может быть также адресована широкой публике²⁸¹. Согласно Куну, именно смена научной картины мира и ее влияние на культуру в целом является признаком научной революции. Поэтому можно говорить по праву о нанореволюции. Именно это утверждает руководитель директората «Промышленных технологий» Европейской комиссии, когда отмечает, что нанотехнология имеет «революционный потенциал»²⁸².

В 90-е гг. прошлого века нанотехнология вышла за пределы узкого круга специалистов-ученых, были открыты многочисленные правительственные программы наноисследований, что вызвало интерес и ряда частных инвесторов, а также широкой общественности и средств массовой информации к нано тематике. Все это породило разнообразные футуристические сценарии развития нанотехнологии и ее влияния на общество и человека, как позитивные, так и негативные. Возникла необходимость «популярного» представления этих видений будущего с целью оценки возможных перспектив и рисков, а также принятия решений для приоритетного финансирования тех или иных направлений нанонауки.

Проблема оценки научно-технического развития осложняется тем, что научное сообщество еще не сложилось и поэтому нет общепризнанных экспертов в этой области. «Но кто же является

²⁸⁰ *Стёпин В.С.* Теоретическое знание. М., 2000. С. 163.

²⁸¹ *Rip A.* Science policy and the scientific picture of the world // *Theory of Knowledge and Science Policy* / W. Callebaut, M. de Mey, R. Pinxten, F. Vandamme (eds.). Ghent, 1979. P. 360.

²⁸² *Nanotechnology Innovation for Tomorrow's World.* European Communities, 2004. P. 3.

экспертом в области нанотехнологии! <...> следует различать обычный смысл слова “эксперт” – который может означать ни что иное как индивида, много знающего о предмете – и более специфический смысл этого термина, используемый, если мы обсуждаем социальную роль, которую должен играть эксперт». Существует четыре характеристики экспертизы, важные для прояснения той социальной роли: 1) эксперт обладает специализированными знаниями и умениями, которых нет у неспециалиста; 2) он имеет знание специфических методов познания и создания определенных вещей; 3) эксперт признан своим собственным профессиональным сообществом; 4) это профессиональное сообщество признано как легитимное внутри более широкой социальной структуры. «В то время как первое и второе условия являются для нанотехнонауки неproblemатичными, третье и четвертое условия вызывают осложнения. <...> очень сложно быть признанным профессиональным сообществом экспертом, если само это профессиональное сообщество еще только складывается»²⁸³.

В силу принципиальной междисциплинарности нанотехнологии каждый участвующий в ее разработках специалист, даже если он является нобелевским лауреатом, выступает как «частичный» эксперт. Кроме того нанотехнология затрагивает множество социальных, гуманистических, этических вопросов, выходящих за пределы компетенции естествоиспытателей и инженеров и являющихся прерогативой социальных и гуманитарных наук. Руководители государств и научных организаций, парламентарии, инвесторы и тем более налогоплательщики также не в состоянии сами ранжировать приоритетность тех или иных научно-технических направлений и вынуждены полагаться на часто многообещающие, но плохо обоснованные экспертные оценки научно-технического лобби, заинтересованного в получении новых финансовых средств, или на прецеденты решений, принятых в других странах. Именно поэтому как экспертные группы, так и лица, принимающие решения, а также широкая (в том числе и научная) общественность вынуждены опираться на визуализацию, полученную с помощью компьютерной имитации нанотехнологических процессов и результатов.

²⁸³ *Sanchez E.N.* The Experts Role in Nanoscience and Technology // *Discovering the Nanoscale* / D. Baird et al. (Eds). Amsterdam, 2005. P. 261–262.

Однако следует иметь в виду, что такая визуализация, служащая облегчению коммуникации, носит двоякий характер – междисциплинарный и трансдисциплинарный. В первом случае она призвана обеспечить взаимопонимание в процессе исследований и стыковку научных и технических результатов различных групп специалистов, участвующих в развитии нанотехнонауки. Во втором же случае она обеспечивает коммуникацию между научно-техническим сообществом и вненаучными сферами, т. е. предназначена для пробуждения интереса и объяснения возможных преимуществ и рисков от внедрения конкретных нанотехнологий правительственным чиновникам и членам парламентских комиссий, принимающим решения о финансировании научно-технических исследований и разработок, инвесторам и руководителям промышленных организаций, могущим обеспечить производство, внедрение и распространение продуктов нанотехнологии, коллегам из других областей науки и техники, могущим повлиять на научное признание или непризнание этой новой области, широкой общественностью, чтобы воодушевить ее обещаниями решения многих социальных и других насущных человеческих проблем (например, избавления от болезней, обеспечения дешевыми и качественными продуктами питания, продления продолжительности жизни и т. д.) и успокоить часто вполне обоснованные сомнения в безопасности новых технологий.

Оценка позитивных и негативных следствий той или иной технологии, например, на окружающую среду, часто затрудняется недостатком или вообще отсутствием необходимых для принятия решений знаний, что, естественно, увеличивает опасность появления негативных последствий новых технологий. Наиболее показательной в данном случае является нанотехнология, где установки, предназначенные для проведения научных экспериментов, одновременно становятся оборудованием для нанофабрикации. Ученые еще сами до конца не выяснили природу изучаемых ими явлений на наноуровне, а нанопродукты заполняют все больше и больше современный рынок.

В рамках Евросоюза создана специальная комиссия по разработке стратегии в области нанотехнологии, которая особо подчеркивает в своих публикациях потенциальный риск для здоровья, безопасности и окружающей среды в связи с повсеместным ис-

пользованием наноматериалов и обязывает исследователей, разработчиков, производителей и распространителей этих материалов особое внимание обратить на по возможности раннее выявление этих нанотехнологических рисков²⁸⁴. Западноевропейские политики, однако, считают существующее законодательство достаточным для этой новой сферы науки и техники и не видят необходимости для принятия новых специальных законов. Основной упор, по их мнению, в этой сфере должен быть сделан на самоответственность ученых, инженеров и предпринимателей. При этом важную роль играет постоянное информирование общественности о возможных нанотехнологических рисках. «Нанотехнология представляет собой как пользу, так и риск для здоровья человека и окружающей среды. Для оценки рисков по отношению к нанотехнологии требуется информация о потенциальных дефектах и вредных следствиях использования наноматериалов и созданных на их основе продуктов. Чтобы помочь обеспечить такого рода исследований необходимой информацией, важно идентифицировать и выделить приоритетные темы. С этой целью организуется серия обсуждений с привлечением экспертов из области техники и представителей заинтересованных сторон, способных проанализировать выборочные исследования частных случаев применения наноматериалов. Такого рода исследования будут включать в себя как рассмотрение всего жизненного цикла нанопродуктов (исходные материалы, производство, распределение, хранение, использование, удаление, ресайклинг), мультимедийные экологические процессы, связанные с транспортировкой и преобразованием, рискованные сценарии и влияние на здоровье людей и окружающую среду, так и специфическую оценку риска и проблематику управления рисками. Хотя малое исходное количество имеющихся данных вынуждает скорее к качественному, чем к количественному подходу, будут использоваться и формальные методы, извлекаемые из экспертных оценок приглашенных участников для выработки ориентированной на учет технологических рисков стратегии»²⁸⁵. Именно там, где обще-

²⁸⁴ Mitteilungen der Kommission: Auf dem Weg zu einer europäischen Strategie für Nanotechnologie. Brussels, 2004. P. 22; Communication from the Commission: Regulatory Aspects of nanomaterials. Brussels, 2008. P. 3–4.

²⁸⁵ Nanotechnology Risk Assessment Case Study Workshops. [Электронный ресурс] http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=158524 (дата обращения: 24.05.2011).

ство чувствует себя неуверенно, стараются ликвидировать эту неуверенность с помощью выработанного наукой знания. Однако как раз в области новейших технологий и ощущается дефицит знаний, часто граничащий с незнанием.

Похожую ситуацию можно увидеть в истории с асбестом²⁸⁶, когда диагноз «нет доказательств вреда» (в случае с нанотехнологией, вызванного рассеянием наночастиц в окружающую среду), не должен быть истолкован неверно в смысле «доказательства отсутствия вреда»²⁸⁷. История с асбестом – пример того, что может произойти в результате интенсивного использования материалов, без тщательного предварительного анализа возможных последствий. «Некоторые люди считают, что как мелкие частицы, так и волокна (например, углеродные нанотрубки), производимые с помощью нанотехнологий, могут стать новым асбестом»²⁸⁸. Из-за «чудесных» эксплуатационных свойств асбеста он широко применялся в промышленности. Отрицательные последствия для здоровья были отмечены уже в 1930-е гг. Однако информация относительно рака легких и мезотелиомы, вызванных распространением асбестовых волокон в воздухе, была проигнорирована или даже намеренно сокрыта. Статистический учет и оценку данных о пагубных последствиях применения асбеста не проводили вплоть до 1960-х гг.»²⁸⁹.

Наиболее сложная проблема в области оценки нанотехнологических рисков заключается в том, что в данном случае пока нет никаких количественных данных и все заключения делаются на основе опроса экспертов. Однако, в сущности, экспертное сообщество в этой новой области науки и техники еще не сложилось. Во-первых,

²⁸⁶ *Gee D., Greenberg M.* Asbestos: from 'Magic' to Malevolent Mineral // P. Harremoës, D. Gee, M. MacGarvin, A. Stirling, J. Keys, B. Wynne, S. Guedes Vaz (eds.). *The Precautionary Principle in the 20th Century. Late Lessons from Early Warnings.* Sage; L., 2002. P. 49–63.

²⁸⁷ *Grunwald A.* Nanoparticles: Risk management and the precautionary principle // Jotterand, F. (Eds.) *Emerging conceptual, ethical and policy issues in bionanotechnology.* B., 2008.

²⁸⁸ *Ball P.* Nanoethics and the Purpose of New Technologies. Lecture at the Royal Society for Arts. London, March 2003. [Электронный ресурс] <http://www.whitebottom.com/philipball/docs/Nanoethics.doc> (дата обращения: 02.10.2006); *Grunwald A.* *Technik und Technikberatung. Philosophische Perspektiven.* Frankfurt a/M., 2008. S. 126.

²⁸⁹ См.: *Грунвальд А.* Техника и общество: западноевропейский опыт исследования социальных последствий научно-технического развития. М., 2010. С. 82.

оно принципиально междисциплинарно и это приводит к значительному разбросу в оценках, поскольку эксперты принадлежат разным научным сообществам, имеющим различные ценностные ориентиры. Во-вторых, в качестве экспертов привлекаются не только ученые и инженеры, но представители промышленных кругов, предприниматели разных уровней, правительственные чиновники и представители разнообразных неправительственных организаций, что еще более усложняет проблему адекватных оценок рисков, учитывая неодинаковую степень информированности экспертов о реальном положении дел в данной области и вообще недостаток знаний (не только научных и технологических, но и социальных, экономических, экологических, статистических и т. п.). В-третьих, к этому следует еще добавить различное социальное отношение и политические установки в разных странах по отношению к нанотехнологической проблематике. Это существенно замедляет процесс формирования и консолидации мирового экспертного сообщества в области нанотехнологии. Кроме того информирование широкой общественности о результатах исследований, возникающих проблемах их внедрения в новые технологии и влияния на социальную и природную окружающую среду, а также здоровье людей осложняется лавинообразным ростом нанотехнологических знаний. В результате даже весьма осведомленные эксперты из одних областей нанотехнонауки имеют лишь приблизительное представление о том, что происходит в других ее областях. Потенциальное же использование достижений нанотехнологии для разработки новых видов оружия делает проблему обсуждения нанотехнологических рисков особенно чувствительной, поскольку некоторые ее исследования становятся закрытыми с целью обеспечения национальной безопасности.

Эта ситуация повторяет фактически историю с разработкой атомного проекта после Второй мировой войны с тем лишь отличием, что в 60–70-е гг. XX столетия в этой области уже сложилось достаточно сплоченное и однородное научно-техническое сообщество, которое стало обращать внимание широкой общественности и политиков на таящиеся в атомной науке и технике как мирного, так и военного назначения опасности и риски. Достаточно назвать в этой связи имена Сахарова и Оппенгеймера, который сравнил укрощение атомного ядра с грехопадением человека в райском саду. Действительно представителей современной нанотехнонауки, как и ученых-

атомщиков, можно сравнить с персонажем известного стихотворения Гёте «Ученик чародея», который начал «творить чудеса» еще не разобравшись до конца, какие это может вызвать последствия. «Их неосведомленность обошлась дорого <...> Расщепление ядра предоставило огромные источники энергии, когда либо доступные человечеству, но связанные с их освоением затраты и трудности оказались не менее могучими. <...> они принесли такой ущерб окружающей среде и здоровью людей, что человечество обречено залечивать эти раны целые десятилетия и даже столетия. <...> Ядерные установки представляли собой государство в государстве».

В США и в СССР эта область была долгое время закрыта для обсуждений и свободного получения информации о несчастных случаях и катастрофах. «Классическим примером такого общего стиля мышления было сокрытие ЦРУ и КГБ данных о катастрофе на ядерном объекте «Маяк» (вблизи многомиллионного города Челябинск) в 1957 г., когда произошел выброс на хранилище радиоактивных отходов». Поэтому о какой реалистической оценке технологических рисков для общества здесь вообще могла идти речь. В данном случае срабатывала милитаристская идеология: на войсковых учениях, как и на войне обязательно калькулировали определенный процент жертв. То, что он принимал зачастую гигантские размеры, в расчет не принималось и даже врачи после таких катастроф давали подписку хранить государственную тайну и не разглашать степень риска, которому подверглось местное население. В течение долгих двадцати лет эти службы безопасности отказывались информировать остальной мир о катастрофе огромного масштаба и ее последствиях <...> Поэтому до сих пор нет возможности установить действительное количество жертв производства атомного оружия, не в последнюю очередь из-за стремления сделать из этого тайну, пытаться замять и пренебрежительного отношения к здоровью людей со стороны официальных органов <...> и это считалось нормальным при создании и эксплуатации атомных фабрик. Даже в США, где закон дает гражданам значительные возможности потребовать отчета государства за свои ошибочные действия, многое остается неизвестным»²⁹⁰. Аналогичную ситуацию мы наблюдаем сегодня в области нанотехнологии. Еще не разобравшись даже со специально

²⁹⁰ *Hertsgaard M.* Expedition ans Ende der Welt. Auf der Suche nach unserer Zukunft. Frankfurt a/M., 2001. S. 199, 197–198, 200–201.

научной точки зрения, например, с тем, что нам могут принести нанотрубки или внедрение разнообразных имплантатов на наносооснове в человеческий организм и даже в мозг²⁹¹, в последние годы растет число вновь созданных фирм, предлагающих нанопродукты. Ведется разработка программы «идеального солдата» с существенно расширенными возможностями имеющихся органов чувств человека и даже инсталляцией новых органов чувств, таких, например, как инфракрасное зрение. И пока мировая общественность рассуждает об этих возможных опасностях, в США, например, учреждается специальный институт (Институт нанотехнологии для солдата в Массачусетском технологическом институте, который получил от армии США 50 млн долларов на исследования, не считая спонсорских средств от различных фирм²⁹²) и проводятся конкретные работы и эксперименты в этом направлении. Разработки проводятся не только по снабжению «идеального солдата» улучшающим его органы наноборудованием и созданным на основе новых наноматериалов обмундированием (более легким и обладающим, например, свойствами приспосабливаться к окраске окружающей местности), но и по вживлению в его организм биологических, электромагнитных и химических наносенсоров²⁹³.

В целом, если обратиться к обсуждению проблематики нанотехнологических рисков в международном масштабе, то рассматривается прежде всего потенциал для будущих приложений нанотехнологий. При этом в настоящее время почти полностью отсутствуют знания о возможных долговременных последствиях этих приложений.

Инновации и риск – это формы описания современного общества, которые не являются больше особенностями отдельных его подсистем (экономики, научной политики и т. п.). Они относятся

²⁹¹ См.: Müller S. Minimal-invasive und nanoskalige Therapien von Gehirnerkrankungen: eine medizinethische Diskussion // Nanotechnologien im Kontext / Hrsg.: A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz. B., 2006; Baumgartner C. Nanotechnologie in der Medizin als Gegenstand ethischer Reflexion: Problemfelder, Herausforderungen; Implikationen // Nanotechnologien im Kontext.

²⁹² Paschen H., Coenen Chr., Fleischer T. u.a. Nanotechnologie. Forschung, Entwicklung, Anwendung. B.; Heidelberg; N. Y., 2004. S. 110–111.

²⁹³ The National Nanotechnology Initiative Strategic Plan. National Science and Technology Council, Washington. [Электронный ресурс] http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2007.pdf (2007). Accessed 20 December 2007 (дата обращения: 20.12.2007).

ко всей структуре общества и отражают изменившиеся обстоятельства, характерные для данного времени. Современное общество, как никогда прежде, разорвало непрерывность прошлого и будущего. С точки зрения настоящего мы конфронтируем, с одной стороны, с остающимся неизвестным будущим, а с другой – с безнадежно историзированным прошлым, которое больше никоим образом не может влиять на нашу деятельность и наши решения. Прошлый опыт все в меньшей степени может определять будущие решения, поскольку будущее выступает теперь как открытое (иначе ничего не надо было бы вообще решать) и одновременно как поддающийся овладению. Под инновацией мы понимаем процесс решения, в котором решается сделать нечто иное, чем ожидалось. Тем самым меняются ожидания. Под риском же мы в таком случае понимаем решение, при котором речь идет о возможном ущербе, появление которого сегодня неопределенно, но более или менее вероятно или невероятно. Оба вышеназванные решения оперируют с будущим измерением. Инновации в этом смысле не отвечают традиционным ожиданиям и направлены на стабилизацию новых структур, а риски отражают разницу оценки до и после появления нежелательных последствий этих инноваций. Инновации, как правило, рассматриваются в виде будущих событий, как чего-то желаемого и запланированного. Это, конечно, верно. Они действительно являются интенциональным опережением будущего, отклонением от рутины, открытием новых горизонтов. Но это освещает только одну сторону инновационных процессов. Инновации, в том числе и технические, ведут к социальным изменениям, которые всегда имеют побочные эффекты и нежелательные последствия или намеренные действия, которые запускают другие социальные процессы. Можно даже сказать, что сами инновации становятся игрой «слепой» эволюции, которая имеет целью принуждение общества к нововведениям. Тогда искусство или наука, которые не генерируют чего-то нового, начинают рассматриваться как неподлинная наука и искусство. Поэтому принуждение к инновациям становится своего рода традицией нашего общества: тот, кто не меняет мобильный телефон и компьютер минимум каждые два года, не может считаться инновативной персоной! Однако, как отметил известный германский философ Германн Любе, при этом «обесценивается новизна этого нового»²⁹⁴.

²⁹⁴ Lübbe H. Fortschrittsreaktionen. Über konservative und destruktive Modernität. Graz: 1987. S. 424.

Заключение. Междисциплинарная оценка научно-технического развития

Проблема социально-гуманитарной экспертизы технологических проектов, или междисциплинарная оценка техники и ее последствий, связана с политическим консультированием учеными законодательных и правительственных структур в плане принятия решений по государственной поддержке научно-технических, технологических и хозяйственных проектов, определения приоритетности этих проектов, их пользы и степени возможного вреда, который они могут причинить обществу, человеку и окружающей среде, в качестве побочных последствий. Это особенно становится актуальным в конце XX столетия, когда расходы на развитие науки, техники и образования являются весьма ощутимыми даже для индустриально развитых стран и от ошибок в поддержке или отклонении такого рода проектов могут зависеть сами перспективы существования человеческого общества, особенно если речь идет об ожидаемых негативных последствиях для окружающей среды или повышенном риске для человека.

В данном случае имеется в виду междисциплинарное исследование и комплексная оценка социально-философских, социально-политических, социально-экономических, социально-экологических, и т. п. последствий научно-технического развития. Кроме того, речь идет не только об оценке и исправлении, но и о предотвращении возможных негативных последствий технического развития. Однако человечество и развитый им научный потенциал не всегда могут достаточно точно предсказать и прогнозировать такого рода последствия. Речь может идти скорее о проигрывании возможных сценариев технического развития, некоторые из которых могут быть реализованы, а другие предотвращены с целью уменьшения риска для общества и будущих поколений. И чем на более ранних стадиях проводится такая оценка, тем шире «раструб» выбора из «воронки» возможных сценариев научно-технического развития, больше набор вариантов принимаемых решений, позволяющих избежать или по крайней мере уменьшить негативные последствия разрабатываемой техники, и дешевле обходится корректировка уже принятых решений, инициирующих такого рода последствия, но меньше вероятность и точность их прогнозирования и предсказания.

Типичным случаем передачи технологии является передача технологий из одних стран в другие. При этом социально-экономическая и особенно социально-экологическая оценка передаваемых технологий экспертными группами незаинтересованных специалистов становится решающей для принятия правильного решения. Очень часто за передачей устаревшей или даже самой современной технологии скрываются интересы компаний сбыть, например, экологически вредную продукцию в другие страны, поскольку в собственной стране эти продукты запрещены к распространению более строгим экологическим законодательством. В этом случае для принятия решения необходимо опираться именно на оценку незаинтересованных экспертов, которые не получают выгоды от такого рода трансферта. Оценка техники должна при этом учитывать не только технические, естественнонаучные и экономические аспекты, но включать в себя и социальные, политические, этические и социально-экологические компоненты.

Часто передаваемая и весьма продвинутая технология не учитывает традиций, социокультурных особенностей, хозяйственных и природных возможностей тех регионов, куда она передается. Иногда самые простые социальные исследования могут привести к успеху распространения нововведений, которые хотя и являются технически совершенными, но не учитывают, например, характер ведения хозяйства, ценностные ориентации, доступность необходимых природных ресурсов или наличие необходимой для их функционирования инфраструктуры в данном регионе. Например, отсутствие определенных материалов для изготовления запасных частей, конкретных видов энергетических ресурсов или отсутствие традиций ведения крупного хозяйства может оказаться препятствием для распространения той или иной техники. Однако простая замена материалов или вида топлива, передача данного вида технического устройства на лизинговой основе и т. п. вполне выполнимые решения могут привести к успеху технологического трансферта. Поэтому в экспертные группы не только обязательно должны быть включены представители социально-гуманитарных наук, но они призваны играть в них ведущую роль. Кроме того, очень важна научная координация всех специалистов и сведение представленных ими частичных оценок в единую системную картину, к тому же в понятной для неспециалистов в данной области –

политиков, принимающих решения, населения, интересы которого затрагиваются реализацией данного проекта, и широкой общественности – форме. Это возможно осуществить только на широкой методологической основе, которую и призвана вырабатывать современная философия техники.

В современной проблематике междисциплинарной оценки техники следует различать три различных уровня: 1) собственно социально-экологическую, социально-экономическую и т. п. оценку возможных последствий новой техники и технологии, направленную на политическое консультирование при принятии решений о государственной поддержке тех или иных проектов; 2) государственную экспертизу и ОВОС – оценку воздействия на окружающую среду на региональном уровне; 3) экологический менеджмент и экологический аудит на уровне конкретного предприятия.

Междисциплинарная оценка техники является инструментом политического консультирования. Такого рода экспертиза должна быть, конечно, профессиональной, но, в то же время, общественной (как в смысле привлечения представителей населения, затрагиваемого тем или иным конкретным проектом, так и в смысле независимости от лоббирующих данный проект групп ученых, инженеров и менеджеров). Этому служит так называемое «проектирование с участием» в социотехническом проектировании с целью демократизации, как политических, так и технических решений. Демократизация понимается здесь в том смысле, что должны быть выслушаны и приняты во внимание все, в том числе альтернативные точки зрения, а не только мнение лоббирующего предложенное решение экспертов, а также пожелания пользователей. Классическим негативным примером является Чернобыльская катастрофа: руководство СССР получило релевантную информацию о масштабах случившегося с непростительным опозданием, стоившим жизни и здоровья огромному количеству людей и приведшему к радиационному загрязнению огромных территорий многих стран. Причем эта информация поступила руководству страны сначала из зарубежных источников, поскольку местные власти и промышленное лобби всегда пытаются скрыть негативную информацию не только от общественности, но и от своего собственного руководства в надежде разрешить возникшую проблему своими силами. Невозможность своими силами реально оценить сложившуюся

экстраординарную ситуацию и привела к катастрофическим последствиям для экологической безопасности не только собственной страны, но и всего европейского региона. Без хотя бы относительно независимой оценки новой техники и технологии, не только заинтересованными в ее разработке и внедрении учеными, инженерами, менеджерами и политиками такого рода или более мелкие, но не менее опасные последствия техники невозможно предотвратить. Однако этого мало. Быстро нарастающие изменения окружающей среды, вызванные неконтролируемым промышленным развитием, невозможно взять под контроль без использования политических средств.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) нацелена на улучшение конкретных проектов. Отдельному предпринимателю, или инвестору, в сущности, все равно, какое воздействие на окружающую среду или население окажет предложенный им продукт или технология, но ему будет не все равно, если он потерпит убытки от внедрения экологически вредных продуктов и технологий. А это может произойти только в двух случаях, во-первых, если сознательное население перестанет покупать такие продукты или же выступит с протестом против внедрения такого рода технологий и, во-вторых, общество и государство, как выразитель общественных интересов, поставит его в соответствующие экономические рамки. Такие стимулы повышения личного благосостояния изначально заложены в механизмах самоорганизации функционирования рыночной экономики. Задача же общества и государства не монополизировать эти прерогативы в пользу отдельных групп лиц (например, номенклатуры), а обеспечить рамочные условия для функционирования социального рыночного хозяйства, стимулировать природоохранную деятельность предприятий и коммун, создать жесткие условия для экологичной производственной деятельности, контролировать выполнение этих условий и штрафовать их за невыполнение. Государственная экологическая экспертиза – одна из важнейших составляющих экологической политики государства, главной задачей которой является предотвращение принятия хозяйственных решений, ведущих к ухудшению экологических параметров природной среды. «Процедуры ОВОС имеют гораздо более широкое назначение, чем непосредственно следует из их названия.

Они не только приводят к системному представлению ожидаемых экологических результатов анализируемого мероприятия и структурируют сам процесс этого анализа. Не менее важно и то, что ОВОС предусматривает вовлечение в этот процесс основных сторон, заинтересованных в рассматриваемом вопросе, – сторон, представляющих различные структуры и интересы: государство, муниципальные власти, бизнес, общественность. Тем самым обеспечивается как можно более полное выявление таких интересов и, если их согласование достижимо, формируются условия такого согласования – прежде всего за счет выбора оптимального или хотя бы приемлемого с экологических позиций варианта мероприятия, если оно предполагает какую-либо вариабельность. Если ОВОС приводит к выводу, что допустимого варианта не существует, т. е. реализация любого варианта влечет последствия, не разрешаемые действующим законодательством, либо неприемлемые для одной из сторон, обладающих правом вето в данном решении, то выносится отрицательный вердикт. Важно подчеркнуть, что такой вердикт не является по своему смыслу экономическим решением, констатацией малой окупаемости вкладываемых средств или невыполнения каких-либо иных экономических критериев. И по смыслу, и по форме, и по процедуре принятия подобный вердикт находится вне поля экономических оценок, он не выводим из них и, как правило, противоречит тем выводам, которые следуют из узко экономического анализа. Именно поэтому и требуется иной, неэкономический подход для разрешения конфликта между экономическим интересом и требованиями охраны окружающей среды»²⁹⁵. К принятию решений (в особенности на региональном уровне) привлекаются и разные группы населения, затронутые реализацией проекта. «Действительно местные органы власти, само существование которых вызвано необходимостью лучше, чем центральные власти, удовлетворять потребности на местах, сами нуждаются, причем в большей степени, чем органы центральной власти, в доверии и сотрудничестве населения, перед которым они несут непосредственную ответственность. Доверие и сотрудничество нуждаются в открытости. Открытость и сотрудничество подразумевают такие правила и условия, кото-

²⁹⁵ Данилов-Данильян В.И. Экологическая экспертиза и ОВОС // Последствия научно-технического развития. М., 2000. С. 139–140.

рые обеспечивают доступ к информации и участие в принятии решений»²⁹⁶. Одним из образцовых примеров такого рода сотрудничества властей и общественности является участие населения в обсуждении и реализации плана городского развития в городе Гейдельберге (Германия), которое должно быть «одновременно ответственным с социальной точки зрения, обеспечивать охрану природы и экономически рентабельным» устойчивым развитием. «План городского развития представляет собой нечто большее, чем инструмент обустройства территории; он учитывает социальные, экономические и природные аспекты и ставит аспект устойчивого развития в центр городской политики»²⁹⁷.

В решении задач по обеспечению экологической безопасности и устойчивого научно-технического и хозяйственного развития на уровне конкретного предприятия важным инструментом является экологический менеджмент и экологический аудит, позволяющий уменьшить экологический, информационный и коммерческий риск, связанный с принятием хозяйственных решений и направленный на выработку рекомендаций по эффективному использованию ресурсов и обеспечению качества окружающей среды. Экологический менеджмент или экологический аудит положительно зарекомендовал себя как эффективный инструмент природоохранной деятельности, интегрированной в производственный процесс.

Предпосылками возникновения новых природоохранных методов стало новое экологическое мышление и осознание глобальных экологических проблем, связанных с деятельностью человека. Закономерным следствием этого явилось ужесточение действующего экологического законодательства, появление множества новых законов и постановлений в этой области. В результате этого, а также благодаря усилиям неправительственных экологических организаций крупные предприятия были вынуждены активно внедрять природоохранные мероприятия уже на уровне производства. Возникла необходимость в использовании методов охраны окружающей среды, которые не только бы позволили создать предприятию положительную репутацию в глазах общественности,

²⁹⁶ *Бертело И.* Доступ к информации, участие населения. Роль местных органов власти // *NATUROPA*. 1999. № 89. С. 9.

²⁹⁷ *Вебер Б.* Финансирование окружающей среды и устойчивое развитие. Политика города Хайдельберга, Германия // *NATUROPA*. 1999. № 89. С. 16.

но и прежде всего обеспечить выполнение всех требований экологического законодательства. С этой целью на многих предприятиях была проведена комплексная проверка производственной деятельности с учетом экологического фактора – экологический аудит. Зачастую это стимулируется международными требованиями в связи с развитием межгосударственной кооперации. Целью проведения экологического аудита стала подготовка информации о соблюдении экологических производственных норм и правил для руководства предприятия. Подлинность полученных результатов подтверждалась проверкой, осуществляемой независимой лицензированной организацией. Эксперты предприятия в области охраны окружающей среды, основываясь на полученной информации, могли дать заключение и рекомендации по улучшению природоохранной деятельности.

«Такая схема описывает классическую и первоначальную форму экологического аудита, каким он возник в 70-х годах в американской индустрии: compliance auditing в рамках внутреннего аудита – проверка соблюдения соответствующих правовых экологических норм. Позже возник так называемый environmental management system audit, проверяющий эффективность производственных систем экологического менеджмента, и, наконец, performance audit, контролирующей выполнение поставленных целей и плана мероприятий. Так, например, в 1972 году в компании General Motors был проведен экологический аудит всех отделений и дочерних предприятий компании, с целью получения информации, учтены ли экологические проблемы на этих предприятиях и как информируется о них руководство. <...> Возникший в США инструмент стал широко использоваться в европейских странах, однако, в несколько иной форме. В отличие от США, проведение экологического аудита в Европе включает в себя все три вышеназванные формы экоаудита и представляет собой единую концепцию данного подхода к охране окружающей среды на производстве»²⁹⁸. Экологический аудит становится все более популярным средством самоконтроля российских производственных предприятий и их своеобразным паспортом для выхода на европейский рынок.

²⁹⁸ Каганчук В. Экологический аудит как инструмент экологической политики в Европе и России // Ежегодник Российско-Германского колледжа 1999–2000. М., 2000. С. 400–401.

В Германии, где уровень экологического самосознания населения очень высок, многие фирмы не только выполняют установленные обществом и государством нормы обращения с отходами, но и ставят перед собой еще более жесткие природоохранные задачи, внедряя на своих предприятиях системы экологического менеджмента и требуя от своих подразделений и партнеров проведения экологического аудита всех производственных процессов. Они разрабатывают даже собственные внутрифирменные организационные механизмы и требования, обеспечивающие экологичность производственного процесса и его продуктов²⁹⁹.

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

Проблемы социальных и других последствий техники, этического самоопределения инженера возникали с самого момента появления инженерной профессии. Однако сегодня мы находимся в принципиально иной ситуации, когда непринятие во внимание последствий внедрения новой техники и технологии может привести к необратимым негативным результатам для всего человечества и окружающей среды. Кроме того, мы находимся на той стадии

²⁹⁹ См., например, экологические отчеты таких крупных фирм, как Даймлер-Крайслер и Рупраз: Umweltbericht 99. DaimlerChrysler AG, 1999; Vereinfachte Umwelterklärungen der Werke 99. DaimlerChrysler AG, 1999; Environmental Declaration 2000. DaimlerChrysler AG, Werk Sindelfingen, 2000; Umweltbericht. Ruhrgas AG, 1999; Optimierung des Gastransportes. Ein internationales Gemeinschaftsprojekt zum Klimaschutz. Ruhrgas AG/OAO Gasprom, 1999; Umwelt, Wirtschaft, Soziales: Wege der Zukunftsfähigkeit. Sustainable Value Report 2001/2002. BMW Group. München, 2001.

научно-технического развития, когда такие последствия возможно и необходимо хотя бы частично предусмотреть уже на ранних стадиях разработки новой техники. Перед лицом вполне реальной экологической катастрофы, как результата технологической деятельности человечества, необходимо переосмысление самого представления о научно-техническом и социально-экономическом прогрессе. Однако в данном разделе мы хотели бы остановиться на тех практических изменениях в структуре современной инженерной деятельности и социальных механизмах ее функционирования, которые, хотя бы частично, позволяют обществу контролировать последствия технических проектов в обозримом будущем.

Такие последствия развития атомной энергетики, как последствия чернобыльской катастрофы, не всегда возможно предсказать. Но необходимо хотя бы пытаться это сделать по отношению к новым проектам, проводить соответствующие исследования, выслушивать мнения оппозиционеров еще до принятия окончательного решения, создать правовые механизмы, регулирующие все эти вопросы. В развитых западных странах это связано с так называемой оценкой техники.

Оценка техники, социально-гуманитарная, социально-экономическая, социально-экологическая и т. п. экспертиза технических проектов становится сегодня составной частью инженерной деятельности. Междисциплинарная оценка техники или оценка последствий техники требует несомненно подготовки особых специалистов широкого профиля, имеющих не только научно-технические и естественнонаучные, но и социально-гуманитарные познания. Однако это не означает, что ответственность отдельного рядового инженера при этом уменьшается, напротив, коллективная деятельность должна сочетаться с индивидуальной ответственностью. А такая ответственность означает и необходимость развития самосознания всех инженеров в плане социальной, экологической и т. п. оценки техники.

Междисциплинарная оценка техники с методологической точки зрения основывается в значительной степени на методическом инструментарии системного анализа как совокупности приемов решения проблем в целенаправленной деятельности в условиях неопределенности на основе системного подхода. Системный анализ характеризуется не специфическим аппаратом и методами, как

правило, заимствованными из других наук, а особыми принципами и комплексным подходом к организации теоретического исследования слабоструктурированных проблем, возникающих, прежде всего, в сфере управленческой деятельности.

Речь идет об оценке техники, при которой анализ последствий должен быть обязательно дополнен рекомендациями по формированию техники, приданию ей новой конфигурации, ее сознательному (пере)структурированию, исходя, например, из экологических требований. Сконцентрируем наше внимание на содержании междисциплинарной оценки техники как новой области исследования, которая, однако ориентирована не только на изучение общественной роли техники и возникающих, благодаря ее внедрению социальных, экологических и т. п. конфликтов, но и к принятию решений по их предотвращению и определению путей дальнейшего развития техники в обществе. Это означает, что такая оценка техники основывается на проблемно-ориентированном подходе³⁰⁰, а ее предметом являются «способы деятельности по разработке и созданию техники, способы деятельности, с помощью которых техника и способы деятельности, с помощью которых техника изымается из употребления (например, переработка, ресайклинг, депонирование)»³⁰¹. Эти способы деятельности рассматриваются, впрочем, не с инженерно-технической, а с социокультурной и общественной точки зрения. Они связаны «с процессами формирования мнения, деятельностью, решениями или подготовкой решений относительно техники и с социальной стороной техники, а также с самой техникой в связи с этой социальной стороной»³⁰².

Оставаясь принципиально междисциплинарной, такая оценка техники постепенно приобретает черты новой научной дисциплины. Это доказывает ее институализация во многих западноевропейских странах, прежде всего в Германии³⁰³. Ее следовало бы на-

³⁰⁰ Bugl J. Technikfolgenabschätzung – ein Instrument für Politikberatung // Technik – System – Verantwortung. Programm und Abstracts zur wissenschaftlichen Tagung. BTU Cottbus 10.–13. Juli 2002 / Hrsg. von K. Kornwachs. Cottbus, 2002. S. 48–49.

³⁰¹ Grunwald A. Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. B., 2002. S. 54.

³⁰² Ibid.

³⁰³ *Technikfolgenabschätzung im Spiegel ihrer Institutionen. Eine Dokumentation über deutsche Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Technikfolgenabschätzung* / Hrsg. von R. Coenen, B. Fürniß, Ch. Kupsch. Karlsruhe, 2001.

звать комплексной научно-технической дисциплиной, поскольку она интегрирует в себе естественнонаучное, научно-техническое и социально-гуманитарное исследование последствий современной техники и технологии: «(1) научно-техническое исследование последствий техники с помощью научно-технических методов (например, исследование рисков, анализ граничных значений и т. д.); (2) философско-социально-гуманитарное исследование последствий техники (например, этические вопросы, проблема ответственности и т. п.); (3) социально-научное (лежащее за пределами техники) исследование ее последствий (например, исследование акцептации, принятия общественностью, или анализ экономичности)»³⁰⁴. Однако консолидирующим ядром и базисом социальной оценки техники является философия техники, которая, с одной стороны, является частью философии, а с другой – высшей фазой имманентного развития инженерного мышления (саморефлексией). При этом социальная оценка техники, как прикладная философия техники, объединяет в себе эти два важнейших направления ее развития философии техники. Такого рода саморефлексия науки и техники основывается сначала на попытках применить научные методы к исследованию процессов научно-технического развития, которые, однако, неизбежно дополняются вненаучными знаниями и опытом. Такое исследование должно быть также трансдисциплинарным в том смысле, что оно тесно связано с социальной постановкой проблем и должно вносить вклад в выработку стратегий принятия решений. Проблемно ориентированное исследование направлено в будущее, которое является открытым. Возможны различные сценарии будущего развития, и точно предсказать, какой из этих сценариев реализуется в действительности, нельзя. Ее конечным продуктом должны быть предписания к деятельности.

Оценка техники формируется как современная комплексная научно-техническая дисциплина, аналогичная, например, системотехнике, которая не ориентирована на какую-либо одну базовую естественнонаучную, научно-техническую или социально-гуманитарную теорию, а на весь комплекс научных (и ненаучных) знаний и дисциплин и включает в себя не только комплексное исследова-

³⁰⁴ Hartmann E.A. Umsetzung von TA in die Wissenschaft // Handbuch Technikfolgenabschätzung. B., 1999.

ние, но и системное проектирование. Она «не ограничивается описательным подходом, а должна играть активную роль в техническом инновационном процессе», что означает «переход от анализа к структурированию новой техники», т. е. к участию в ее проектировании в плане оценки сценариев проектирования на микроуровне отдельного рабочего места, на мезоуровне отдельного предприятия или организации и на макроуровне общего социального рассмотрения, создания рамочных условий научно-технической политики³⁰⁵. Предпосылкой и исходным пунктом ее является сама возможность политического управления техническим развитием, внешнего влияния на него со стороны политики, а основанием для реализации такой возможности является комплексное исследование процессов появления и процессов проектирования техники, имея в виду, что под проектированием понимается не конкретный вид инженерного проектирования, а некоторая проектная функция, обязательно присущая современным научно-техническим дисциплинам наряду с исследовательской, аналитической функцией.

³⁰⁵ *Hartmann E.A.* Umsetzung von TA in die Wissenschaft. S. 327.

Список литературы

1. *Ahmed H.* Nanostructure Fabrication // Proceedings of the IEEE. 1991. Vol. 79. No. 8. P. 1140.
2. *Ball P.* Nanoethics and the Purpose of New Technologies. Lecture at the Royal Society for Arts. London, March 2003. [Electronic resource] <http://www.whitebottom.com/philipball/docs/Nanoethics.doc> [2.10.2006]
3. *Baumgartner C.* Nanotechnologie in der Medizin als Gegenstand ethischer Reflexion: Problemfelder, Herausforderungen; Implikationen // Nanotechnologien im Kontext / Hrsg. A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz. B., 2006. S. 325–343.
4. *Beckmann J.* Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen. Göttingen, 1870. 20 S.
5. *Beecroft R., Dusseldorp M.* Technikfolgen abschätzen lehren – **Bildungspotenziale** transdisziplinärer Methoden. Zur Einführung // Dusseldorp M., Beecroft R. (Hrsg.) Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Wiesbaden, 2012. P. 11–35.
6. *Berger M.* Molecular delivery system could lead to blood tests using a cell phone // Nanowerk LLC. 2008. [Electronic resource] URL: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=5494.php>
7. *Berger M.* Biohybrid nanocontainers with controlled permeability. & Understanding the interactions of nanostructures with biological systems // Nanowerk LLC. 2008. [Electronic resource] URL: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=4972.php>
8. *Böhme G.* Am Ende des Beconschen Zeitalters: Studien zur Wissenschaftsentwicklung. Frankfurt: Suhrkamp. 1993. 494 S.
9. *Borst O.* Alltagsleben in Mittelalter. Frankfurt a/M.: Insel Verlag, 1983. 659 S.
10. *Brashear R.* Jacques Besson and his *Theater of Instruments and Machines*. 1999. [Electronic resource] URL: <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/HST/Besson/besson-introduction.htm>
11. *Bugl J.* Technikfolgenabschätzung – ein Instrument für Politikberatung // Technik – System – Verantwortung. Programm und Abstracts zur wissenschaftlichen Tagung. BTU Cottbus 10.-13. Juli 2002 / Hrsg. von K. Kornwachs. Cottbus: BTU, 2002. S. 107–113.
12. Challenging Futures of Science in Society – Emerging trends and cutting-edge issues – Report of the MASIS Expert Group setup by the European Commission. 2009. 80 p.
13. *Cianchi M.* Leonardo da Vinci's Machines. Florenz: Becocci Editore, 1984. 76 p.
14. Communication from the Commission: Regulatory Aspects of nanomaterials. Brussels: Commission of the European Community (CEC), 2008. 48 p.

15. *Dudia A.* Nanofabricated Biohybrid Structures for Controlled Drug Delivery. Proefschrift Universiteit Twente. Enschede: Gildeprint Drukkerijen B.V., 2007. 156 p. [Electronic resource] URL: http://doc.utwente.nl/58706/1/thesis_Dudia.pdf
16. Environmental Declaration 2000. DaimlerChrysler AG, Werk Sindelfingen, 2000.
17. Umweltbericht. Ruhrgas AG, 1999.
18. *Grunwald A.* Nanoparticles: Risk management and the precautionary principle // F. Jotterand (Eds.): Emerging conceptual, ethical and policy issues in bionanotechnology. Springer 2008. P. 85–102.
19. *Grunwald A.* Technik und Politikberatung. Philosophische Perspektiven. Frankfurt a/M.: Shrkamp Verlag, 2008. 382 S.
20. *Grunwald A.* Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. B.: Ed. Sigma, 2002. 320 S.
21. *Harremoes P., Gee D., MacGarvin M., Stirling A., Keys J., Wynne B., Guedes Vaz, S.* (eds.). The Precautionary Principle in the 20th Century. Late Lessons from Early Warnings. Sage; L., 2002. 280 p.
22. *Hars F.* Ferdinand Braun (1850–1918). Ein wilhelminischer Physiker. Berlin; Diepholz: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik, 1999. 272 S.
23. *Hartmann E.A.* Umsetzung von TA in die Wissenschaft // Handbuch Technikfolgenabschätzung. B., 1999. S. 323–327.
24. *Hentschel K.* (Hrsg.). Zur Geschichte der Forschungstechnologien. Diepholz; B.; Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik, 2012. 492 S.
25. *Hertsgaard M.* Expedition ans Ende der Welt. Auf der Suche nach unserer Zukunft. Frankfurt a/M., 2001. 520 S.
26. *Kim W.Y. and Kim K.S.* Tuning Molecular Orbitals in Molecular Electronics and Spintronics // Accounts of Chemical Research. 2010. Vol. 43. No. 1. P. 111–120.
27. *Klemm Fr.* Technik. Eine Geschichte Ihrer Probleme. Freiburg; München: Verlag Karl Alber, 1954.
28. *Koyre A.* Galilei. Die Anfänge der neuzeitlichen Wissenschaft. Verlag Klaus Wagenbach, 1988.
29. *Koyre A.* Newtonian Studies. L.: Chapman & Hall, 1965. 288 p.
30. *Krause J.* et al. The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neandertals // Current Biology. 2007. Vol. 17. P. 1–5.
31. *Kuhn T.S.* The Copernican Revolution. Planetary Astronomy in the Development on Western Thought. Chicago Univ. Press, 1959. 297 p.
32. *Lanz M., Betancourt A.* Analytical Essay of the Construction of Machines. L., 1920. 158 p.

33. *Lefevre W.* Galileo Engineer: Art and Modern Science // Science in Context. 2001. Vol. 14. Iss. S1. P. 11–27.
34. Legendary Swords' Sharpness, Strength From Nanotubes, Study Says. Mason Inman for National Geographic News. November 16, 2006.
35. Leonardo da Vinci's Machines. Introduction by Carlo Pedretti. Florence: Becocci editore, 1999. 96 p.
36. *Leopold J.* Teatri Machinarii, oder Schau-Platz der Heb-Zeuge oder Maschinen eine Last vorzubringen und zu erheben. Leipzig, 1725; Reprint – Hannover: Th. Schäfer GmbH, 1982.
37. *Lorenz S.* Technik und Gesellschaft im Mittelalter // Technik und Gesellschaft. (Serie: Technik und Kultur. Bd. 10). Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993.
38. *Lösch A.* Antizipationen nanotechnischer Zukünfte: Visionäre Bilder als Kommunikationsmedien // Nanotechnologien im Kontext / Hrsg. A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz. B., 2006. S. 226–227.
39. *Lösch A.* Nanomedicine and Space: Discursive Orders of Mediating Innovations // Discovering the Nanoscale. D. Baird et al. (Eds). Amsterdam, 2005.
40. *Lübbe H.* Fortschrittsreaktionen. Über konservative und destruktive Modernität. Graz, 1987.
41. *Ludwig K.-H.* Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Königstein; Düsseldorf: Athenäum: Droste Taschenbücher Geschichte, 1979. 544 S.
42. Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The *Nova scientia* of Nicolò Tartaglia. A New Edition. Matteo Valleriani / English transl. by Matteo Valleriani, Lindy Divarci and Anna Siebold. B.: Edition Open Access, 2013. 350 p.
43. Mitteilungen der Kommission: Auf dem Weg zu einer europäischen Strategie für Nanotechnologie. Brussels: Commission of the European Community (CEC), 2004.
44. *Müller S.* Minimal-invasive und nanoskalige Therapien von Gehirnerkrankungen: eine medizinethische Diskussion // Nanotechnologien im Kontext. Hrsg. A. Nordmann, J. Schummer, A. Schwarz. B., 2006.
45. Museo Galileo. A Guide to the Treasures of the Collection. Firenze, 2010. 96 p.
46. Nanotechnology Innovation for Tomorrow's World. European Communities, 2004.
47. Nanotechnology Risk Assessment Case Study Workshops. [Electronic resource] URL: http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=158524
48. *Neuemeier G.* Vom Polytechnikum zur Universität (TH) // Die technische Universität an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. Festschrift zum 175-jährigen Jubiläum der Universität Karlsruhe (TH). B.; Heidelberg u.a., 2000.
49. *Nordmann A.* Collapse of Distance: Epistemic Strategies of Science and Technoscience // Danish Yearbook of Philosophy. 2006. Vol. 41. P. 7–34.

50. *Ohno H.* 'Properties of ferromagnetic III-V semiconductors' // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1999. Vol. 200. [Electronic resource] URL: <http://www.elsevier.com/jmmm>
51. *Ohno H., Matsukura F.* 'A ferromagnetic III±V semiconductor: (Ga, Mn) As' // Solid State Communications. 2001. Vol. 117. [Electronic resource] URL: <http://www.elsevier.com/locate/ssc>
52. *Olshin B.B.* Leonardo da Vinci's investigations of perpetual motion // ICON. Journal of the International Committee for the History of Technology. 2009. Vol. 15. P. 1–39.
53. *Omodeo P. D., Renn J.* Das Prinzip Kontingenz in der Naturwissenschaft der Renaissance. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, 2013. 48 S.
54. Optimierung des Gastransportes. Ein internationales Gemeinschaftsprojekt zum Klimaschutz. Ruhrgas AG/OAO Gasprom, 1999.
55. *Paschen H., Coenen Chr., Fleischer T. u.a.* Nanotechnologie. Forschung, Entwicklung, Anwendung. B.; Heidelberg; N.Y.: Springer, 2004. 366 S.
56. *Pedretti C., Tagliagambara S., Niccolai G.* Leonardo da Vinci. Automation and Robotics. Florence: CB Editioni, 2010. 160 p.
57. *Pestre D.* The Technoscience between Markets, Social Worries and the Political: How to Imagine a Better Future // *Nowotny H., D. Pestre, E. Schmidt-Abmann, H. Schulze-Fielitz, H.-H. Trute.* The Public Nature of Science under Assault. Politics, Markets, Science and the Law. B.; Heidelberg, 2005.
58. *Pisano R.* Continuity and discontinuity. On method in Leonardo da Vinci's mechanics. ORGANON 41, 2009. P. 165–182.
59. *Potthoff O.D.* Kulturgeschichte des deutschen Handwerks mit besonderer Berücksichtigung seiner Blütezeit. Hamburg: Hanseatische Verlagsanstalt, 1938.
60. *Renn J., Damerow P.* The Equilibrium Controversy: Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background. Sources 2, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge. B.: Edition Open Access, 2012. 376 p.
61. *Reuleaux F.* Lehrbuch der Kinematik, V. 2. Die praktischen Beziehungen Kinematik zu Geometrie und Mechanik: Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Mit einem Atlas und Zahlreichen in den Text Eingedruckten Holzstichen. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1875.
62. *Reuleux F.* Theoretische Kinematik. Braunschweig, 1875. Bd. 1.
63. *Rip A.* Science policy and the scientific picture of the world // Theory of Knowledge and Science Policy / W. Callebaut, M. de Mey, R. Pinxten, F. Vandamme (eds.). Ghent, 1979.

64. *Salloum H.* The Legendary Swords of Damascus – Now Only Museum Pieces, Toronto, Ontario Canada, 2005.
65. *Sanchez E. Nunn.* The Experts Role in Nanoscience and Technology // *Discovering the Nanoscale* / D. Baird et al. (eds). Amsterdam, 2005. P. 257–266.
66. *Scriba C.J., Maurer B.* Technik und Mathematik // Technik und Wissenschaft. Technik und Kultur, Bd. 2. Düsseldorf, 1991. S. 31–76.
67. *Stepin V.* Theoretical Knowledge. (Synthese Library, 326). Dordrecht; The Netherlands: Springer, 2005. 412 p.
68. *Tartaglia N.* Various Questions and Inventions of Niccolo Tartaglia of Brescia. Venetia, 1546. English translation by Stillman Drake // *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo.* Drake S. and Drabkin I.E. (eds.). Madison (Wisc.), 1969.
69. Technikfolgensabschätzung im Spiegel ihrer Institutionen. Eine Dokumentation über deutsche Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Technikfolgenabschätzung / Hrsg. von R. Coenen, B. Furniß, Ch. Kupsch. Karlsruhe, 2001.
70. The National Nanotechnology Initiative Strategic Plan. National Science and Technology Council, Washington. [Electronic resource] URL: http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2007.pdf (2007). Accessed 20 December 2007
71. The OPUS MAJUS of Roger Bacon. Vol. II. N.Y.: Russel & Russel, 1972. 449 p.
72. Umwelt, Wirtschaft, Soziales: Wege der Zukunftsfähigkeit. Sustainable Value Report 2001/2002. BMW Group. München: BMW AG, 2001.
73. Umweltbericht 99. DaimlerChrysler AG, 1999.
74. *Valleriani M.* A view on Galileo's *Recordi Authografi*: Galileo practitioner in Padua // *Largo campo di filosofare: Eurosymposium Galileo 2001* / Eds.: Montesinos, José; Solís, Carlos. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001. P. 281–292.
75. *Valleriani M.* Galileo Engineer. Springer, 2010. 320 p.
76. *Veranzio Fausto.* Erfindungen von einst. Dortmund: Harnberg, 1982. 133 S.
77. Vereinfachte Umwelterklärungen der Werke 99. DaimlerChrysler AG, 1999.
78. *Verhoeven J.D., Pendray A.H., Dauksch W.E.* The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades // *JOM.* 1998. Vol. 50. No. 9.
79. *Weigel Ch.* Die Bauleute. München: Verlag D.W. Callwey, 1963. 62 S.
80. *White L.* Die mittelalterliche Technik und der Wandel der Gesellschaft. München: Heinz Moos Verlag, 1968.
81. *White L.* Pump and Pendulum; Galileo and Technology // *Galileo Reappraised.* Berclcy; Los Angeles, 1966.

82. *White L.* Was beschleunigte den technischen Fortschritt im westlichen Mittelalter? // *Technikgeschichte*. 1965. Bd. 32. Nr. 3. P. 201–220.
83. *Zilsel E.* The Origins of William Gilbert's Scientific Method // *Journal of the History of Ideas*. 1941. Vol. II. No. 1. P. 1–32.
84. Антология мировой философии. Т. 1. Ч. 1. М.: Мысль, 1969. 576 с.
85. *Архимед*. Соч. М.: ГИФМЛ, 1962. 640 с.
86. *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). М.: Наука, 1976. 292 с.
87. *Белый Ю.А.* Тихо де Браге. М.: Наука, 1982. 232 с.
88. *Бертело И.* Доступ к информации, участие населения. Роль местных органов власти // *NATUROPA*. 1999. № 89.
89. *Бехманн Г., Горохов В.Г.* Социально-философские и методологические проблемы обращения с технологическими рисками в современном обществе (Дебаты о технологических рисках в современной западной литературе). Ст. 1–2 // *Вопр. философии*. 2012. № 7. С. 120–132. № 8. С. 127–136.
90. *Боголюбов А.Н.* Математики. Механики. Биограф. справ. Киев: Наукова думка, 1983. 639 с.
91. *Боголюбов А.Н.* Гаспар Монж (1746–1818). М.: Наука, 1978. 184 с.
92. *Боголюбов А.Н.* Роберт Гук. М.: Наука, 1984. 240 с.
93. *Боголюбов А.Н.* Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. М.: Наука, 1976. 468 с.
94. *Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А.* Энцикл. слов. СПб., 1901. Т. 32. 480 с.
95. *Вебер Б.* Финансирование окружающей среды и устойчивое развитие. Политика города Хайдельберга, Германия // *NATUROPA*. 1999. № 89.
96. *Воронин М.И., Воронина М.М.* Павел Петрович Мельников. М.: Наука, 1977. 150 с.
97. *Временник Общества содействия успехам опытных наук и их практических применений им. Х.С. Леденцова*. М., 1910. 75 с.
98. *Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки (XVII–XVIII вв.). М.: Наука, 1987. 448 с.
99. *Галилео Галилей*. Пробирных дел мастер. М.: Наука, 1987. 272 с.
100. *Галилео Галилей*. Механика. Избр. тр.: в 2 т. Т. 2. М.: Наука, 1964. С. 5–38.
101. *Герон*. Механика. Кн. II // *Архимед*. Соч. М., 1962. С. 64–71.
102. *Гильберт Вильям*. О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле. М.: АН СССР, 1976. 412 с.
103. *Гиндикин С.Г.* Рассказы о физиках и математиках. М.: Наука, 1981. 192 с.
104. *Глекин Г.В.* Николай Николаевич Андреев. М.: Наука, 1980. 87 с.
105. *Горохов В.Г.* Engineering: Art and Science. Moscow: MIR, 1990. 248 с.
106. *Горохов В.Г.* Генезис технической деятельности как предмет социологического анализа // Приложение к журналу «Филос. науки». М., 2009. 48 с.

107. *Горохов В.Г.* Знать, чтобы делать (История инженерной профессии и ее роль в современной культуре). М.: Знание, 1987. 176 с.
108. *Горохов В.Г.* Концепции современного естествознания и техники: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2000. 608 С.
109. *Горохов В.Г.* Методологический анализ научно-технических дисциплин. М.: Высш. шк., 1984. 112 с.
110. *Горохов В.Г.* Нанозэтика как комбинация научной, технической и хозяйственной этики // *Общественные и гуманитарные науки: тенденции развития и перспективы сотрудничества / Сост. и ред. Л.К. Пипия.* М., 2009. С. 214–232.
111. *Горохов В.Г.* Основы философии техники и технических наук. М.: Гардарики, 2007. 335 с.
112. *Горохов В.Г.* Русский инженер и философ техники Петр Климентьевич Энгельмейер (1855–1941). М.: Наука, 1997. 223 с.
113. *Горохов В.Г.* Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и в Германии в конце 19 – начале 20 столетий (сравнительный анализ). М.: Логос, 2009. 376 с.
114. *Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения). М.: Логос, 2012. 512 с.
115. *Горохов В.Г.* Технонаука Галилео Галилея: размышления по поводу книги Матео Валериани Галилео – инженер (*M. Valleriani. Galileo engineer.* Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010) // *Воп. философии.* 2013. № 1. С. 105–116.
116. *Горохов В.Г.* Философия и история науки (учебное пособие для аспирантов ОИЯИ). Дубна: Изд-во Объединен. ин-та ядер. исслед., 2012. 211 с.
117. *Горохов В.Г., Грунвальд А.* Каждая инновация имеет социальный характер! (Социальная оценка техники как прикладная философия техники) // *Высш. образование в России.* 2011. № 5. С. 135–145.
118. *Горохов В.Г., Сидоренко А.С.* Роль теоретических исследований в развитии новейших технологий // *Вестн. РАН.* 2009. № 9. С. 807–815.
119. *Грунвальд А.* Техника и общество: западноевропейский опыт исследования социальных последствий научно-технического развития. М.: Логос, 2010. 160 с.
120. *Гуковский М.А.* Механика Леонардо да Винчи. М.; Л.: АН СССР, 1947. 815 с.
121. *Гуриков В.А.* Становление прикладной оптики XV–XIX вв. М.: Наука, 1983. 187 с.
122. *Гутер Р.С., Полунов Ю.Л.* Джироламо Кардано. М.: Знание, 1980. 192 с.
123. *Гутер Р.С., Полунов Ю.Л.* Джон Непер. М.: Наука, 1980. 226 с.
124. *Данилов-Данильян В.И.* Экологическая экспертиза и ОВОС // *Последствия научно-технического развития.* М., 2000. С. 139–147.

125. *Декарт Р.* Избр. произведения. М., 1950. 715 с.
126. *Декарт Р.* Соч.: в 2 т. М.: Мысль, 1989. Т. 1. 654 с.; Т. 2. 588 с.
127. *Добровольский В.В., Артоболевский И.И.* Структура и классификация механизмов. М.; Л.: Мысль, 1939. 47 с.
128. *Зубов В.П.* Леонардо да Винчи. М.; Л.: АН СССР, 1961. 372 с.
129. *Каганчук В.* Экологический аудит как инструмент экологической политики в Европе и России // Ежегодник Российско-Германского колледжа 1999–2000. М., 2000. С. 400–416.
130. *Капра Ф.* Наука Леонардо. Мир глазами великого гения. М.: София, 2009. 384 с.
131. *Карпушина Н.М.* «Liber abaci» Леонардо Фибоначчи // Математика в школе. 2008. № 4.
132. *Киселева Л.И.* О чем рассказывают средневековые рукописи. Л.: Наука, 1978. 143 с.
133. *Космодемьянский А.А.* Николай Егорович Жуковский. М.: Наука, 1984. 192 с.
134. Краткий исторический очерк деятельности Императорского Русского технического общества с его основания по 1 января 1893 года. СПб., 1893.
135. *Ламан Н.К.* Тихон Михайлович Алексеенко-Сербин. М.: Наука, 1979. 146 с.
136. *Латур Б.* Когда вещи дают сдачи: возможный вклад «исследований науки» в общественные науки // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Фило-софия. 2003. № 3. С. 20–39.
137. *Ле Гофф Ж.* Интеллектуалы в средние века. Долгопрудный: Аллегро-Пресс, 1997. 211 с.
138. *Ле Гофф Ж.* Цивилизация средневекового Запада. Сретенск: МЦИ-ФИ, 2000. 372 с.
139. *Левина И.С., Рожанская М.М.* У истоков механики машин // Иссле-дование по истории механики. М., 1983. С. 101–113.
140. Механика и цивилизация XVII–XIX вв. М.: Наука, 1981. 136 с.
141. *Миллюков П.Н.* Очерки по истории русской культуры. Ч. 1: Населе-ние, экономика, государственный и сословный строй. СПб.: Изд. журн. «Мир Божий», 1896. 237 с.
142. *Мулен Л.* Повседневная жизнь средневековых монахов Западной Ев-ропы (X–XV вв.). М.: Мол. гвардия, 2002. 333 с.
143. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии // *Кры-лов А.А.* Соч. Т. VII. М.; Л.: АН СССР, 1936. 688 с.
144. *Ньютон И.* Оптика или Трактат об отражениях, преломлениях, из-гибаниях и цветах света. М.; Л.: АН СССР, 1927. 367 с.

145. Очерк 40-летия деятельности Политехнического общества. М., 1918.
146. *Печенкин А.А.* Леонид Исаакович Мандельштам. Исследование, преподавание и остальная жизнь. М.: Логос, 2011. 334 с.
147. *Погребысская Е.И.* Оптика Ньютона. М.: Наука, 1981. 136 с.
148. Положение и штат Московского технического училища. М., 1884.
149. *Пул Ч., мл., Оуэнс Ф.* Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. 327 с.
150. *Райнов Т.И.* Роберт Гук и его трактат об экспериментальном методе // Науч. наследство. М.; Л., 1948. т. 1. С. 653–767.
151. *Рело Фр.* Техника и ее связь с задачей культуры. СПб., 1885. 31 с.
152. *Рожанская М.М.* «Механика» Герона. [Электронный ресурс] URL: <http://www.sno.pro1.ru/lib/npian/11.htm>
153. *Розенбергер Ф.* История физики. Ч. 2: История физики в новое время. М.; Л.: Объединен. научно-техн. изд-во НКТП СССР, 1937. 344 с.
154. *Смирнов Г.А.* Основы формальной теории целостности (Ч. 2-я) // Системные исслед. Методол. пробл. Ежегодник 1980. М., 1981. С. 255–283.
155. Социальная история средневековья. Т. 2: Позднее средневековье. М.; Л.: Госиздат, 1927. 439 с.
156. *Степин В.С.* Становление научной теории. Минск: Наука, 1976. 320 с.
157. *Степин В.С.* Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 744 с.
158. *Тимошенко С.П.* Инженерное образование в России. Люберцы, 1997. 84 с.
159. Устав Московского общества распространения технических знаний. М., 1870. 22 с.
160. *Чеканов А.А.* Виктор Львович Кирпичев. М.: Наука, 1982. 176 с.
161. *Энгельмейер П.К.* В защиту общих идей в технике // Вестн. инженеров. 1915. № 3. С. 96–100.
162. *Энгельмейер П.К.* Конспект лекций по философии техники. Ч. 1: История техники. Баку, 1922. 59 с.
163. *Энгельмейер П.К.* Техника как искусство // Науч. обозрение. 1900. № 6. С. 1020–1033.
164. *Энгельмейер П.К.* Технический итог XIX века. Вып. 2. М.: Тип. К.А. Казначеева, 1898. 107 с.
165. Энциклопедия кибернетики. Т. 2. Киев: Украинская советская энциклопедия, 1975. 607 с.
166. Эстетика ренессанса. Т. I. М.: Искусство, 1981. 639 с.
167. 75-летие союза германских инженеров // Русско-герман. вестн. науки и техники. 1931. № 10. С. 40–41.

Summary

Engineering is central to modern civilization. As defined in some dictionaries, an engineer is a professional skilled or occupied in some branch of engineering. He also has an education in this field. An engineer must be something more than the mere possessor of knowledge; he must possess a way of thinking that differs from both the ordinary and scientific kind. It is especially important now that an engineer be cultured and has an all-round education with an advanced scientific outlook. Otherwise, the engineer will not be able to fulfill his difficult mission of bringing advanced scientific concepts into industry, or maintaining ethical standards in his relations with technology and with the people that will use it. What do the words technique and technology mean? How and when did the word “engineer” and engineering as a profession come into being? What is the difference between technical and engineering-activities? The knowledge of the history of civilization, and, specifically, of the engineering and technical activity, will help realize that. This is what this book is about.

Keywords: engineering, experiment, scientific technology, technoscience, technology assessment

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Попытки рационального описания технической деятельности.....	9
Глава 2. Развитие предпосылок научного экспериментирования в рамках канонической средневековой культуры	22
Глава 3. Инженерия становится профессиональной деятельностью.....	42
Глава 4. Инженерная деятельность и становление экспериментального естествознания: научная техника и техника науки.....	64
Глава 5. От простого к сложному: от классического естествознания к техническим наукам	108
Теория «простых машин» у Галилея как средство объяснения и оценки работы сложных машин.....	109
От редукции сложного к простому в естествознании к сложности технической науки	117
Глава 6. Дифференциация и интеграция инженерной деятельности: научное инженерное образование	123
Глава 7. Технонаука как новый этап в развитии современной науки и техники.....	147
Технонаука как комбинация естественнонаучной и технической теорий.....	149
Междисциплинарность современной технонауки, направленной на создание сложных социотехнических систем.....	152
Технонаука как новый тип стыковки научного знания с обществом и политикой.....	155
Совершенствование техники эксперимента как прообраз технонауки.....	158
Инновации и риск – дилемма современных нанотехнологий	161
Заключение. Междисциплинарная оценка научно-технического развития.....	177
Список литературы	189
Summary	198

Научное издание

Горохов Виталий Георгиевич
Эволюция инженерии: от простоты к сложности

*Утверждено к печати Ученым советом
Института философии РАН*

Художник *Н.Е. Кожина*
Технический редактор *Ю.А. Аношина*
Корректор *А.А. Гусева*

Лицензия ЛР № 020831 от 12.10.98 г.

Подписано в печать с оригинал-макета 21.04.15.
Формат 60x84 1/16. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 10,31. Тираж 500 экз. Заказ № 09.

Оригинал-макет изготовлен в Институте философии РАН
Компьютерный набор: *Е.Н. Платковская*
Компьютерная верстка: *Ю.А. Аношина*

Отпечатано в ЦОП Института философии РАН
119991, Москва, Волхонка, 14, стр. 5

Информацию о наших изданиях см. на сайте Института философии:
<http://iph.gas.ru/arhive.htm>