**Формирование предпосылок науки и инженерии в эпоху Возрождения**

Для нас существенно то, что в этот период происходит смена ведущего культурного начала: на первое место снова выходят рациональные, философско-научные представления, с точки зрения которых начинают переосмысляться средневековые понятия. Другая важная особенность ренессансной культуры – новое понимание человека. Человек эпохи Возрождения сознает себя уже не в качестве твари Божьей, а свободным мастером, поставленным в центр мира, который по своей воле и желанию может стать или низшим, или высшим существом. Хотя человек признает свое Божественное происхождение, он и сам ощущает себя творцом.

Обе указанные особенности ренессансной культуры приводят также к новому пониманию понятий природа, наука и человеческое действие. На место Божественных законов постепенно становятся природные, на место скрытых Божественных сил, процессов и энергий – скрытые природные процессы, а природа сотворенная и творящая превращается в понятие природы как источника скрытых естественных процессов, подчиняющихся законам природы. Наука и знания теперь понимаются не только как описывающие природу, но и выявляющие, устанавливающие ее законы. В данном случае выявление законов природы – это только отчасти их описание, что важнее, выявление законов природы предполагает их конституирование. В понятии закона природы проглядывают идеи творения, а также подобия природного и человеческого (природа принципиально познаваема, ее процессы могут служить человеку).

Наконец, необходимым условием деятельности человека, направленной на использование сил и энергий природы, является предварительное познание "законов природы". Другое необходимое условие – определение пусковых действий человека, так сказать, высвобождающих, запускающих процессы природы. Аристотелевская идея определения последнего звена, от которого разворачивается практическая деятельность трансформируется в данном случае в идею пусковых действий человека, после которых природа действует сама ("автоматически", как писал несколько столетий позднее П.Энгельмейер).

Таким образом законы природы, считает ренессансный мыслитель, может познать не только святой, но и обычный человек (ученый). Однако пока еще при условии, что он рефлексирует свою деятельность, сверяя ее с Божественным образцом. В этой связи интересно обратить внимание на представление о "естественном маге" (своего рода предтече инженера), появившемся в период Возрождения. Пико делла Мирандола писал, что маг "вызывает на свет силы, как если бы из потаенных мест они сами распространялись и заполняли мир благодаря всеблагости Божьей. Он не столько творит чудеса, сколько скромно прислуживает творящей чудеса природе. Глубоко изучив гармонию Вселенной и уяснив взаимное сродство природы вещей, воздействуя на каждую вещь особыми для нее стимулами, он вызывает на свет чудеса, скрытые в укромных уголках мира, в недрах природы, в запасниках и тайниках Бога, как если бы сама природа творила эти чудеса. Как винодел сочетает в браке берест и вино, так и маг сочетает землю и небеса, т.е. низшие вещи он связывает с высшими и подчиняет им" [138, с. 9-10].

В лице ученого-инженера ренессансный мыслитель может использовать эти законы для творения нужной человеку "новой природы". В результате сближаются и переосмысляются: законы природы и античные начала (идеи, сущности, формы, причины); познание, рефлексия и технические действия (первое и второе как условие третьего, третье как момент обоснования первого и второго); божественный разум, космос и природа. Однако Возрождение – это, образно говоря, только горн, куда попали для переплавки все перечисленные смыслы понимания природы, драгоценный же новый сплав получается лишь в трудах философов Нового времени.

Ключевой фигурой здесь, безусловно, является Ф.Бэкон. Именно он делает последний шаг, объявляя природу основным объектом новой науки и трактуя природу полностью в естественной модальности. Но, пожалуй, не меньшее значение имеет трактовка Бэконом природы как условия практического (инженерного) действия, производящего "новую природу", как источника естественных процессов, однако вызванных (запущенных) практическими действиями человека. "В действии, – пишет Ф.Бэкон, – человек не может ничего другого, как только соединять и разделять тела природы. Остальное природа совершает внутри себя" [15, с. 108]. Не менее важным является установленная Беконом принципиальная связь научного познания и практического действия. "Дело и цель человеческого могущества, – пишет он, – в том, чтобы порождать и сообщать данному телу новую природу или новые природы. Дело и цель человеческого знания в том, чтобы открывать форму данной природы или истинное отличие, или производящую природу, или источники происхождения... Что в Действии наиболее полезно, то в Знании наиболее истинно" [15, с. 197, 198, 200]. Тем самым Ф.Бэкон заковал в одну цепь все три звена: представление о научном познании, об инженерном действии и о природе, как условии и объекте и первого и второго.

С этого периода начинает формироваться понимание природы как бесконечного резервуара материалов, сил, энергий, которые человек может использовать при условии, если опишет в науке законы природы.

Сегодня ренессансные и относящиеся к XVI–XVII столетию представления о природе, науке и возможностях человеческого действия, вероятно, могут быть восприняты как вполне очевидные, соответствующие самой сути (природе) этих вещей. Но было бы ошибкой думать, что именно так и воспринимали эти представления в ту эпоху. Напротив, эти представления были исключительно революционными, их разделяла лишь небольшая группа ученых новой формации. Более того, в те времена даже и для этих ученых подобные представления, отчасти, воспринимались как гипотетическое знание. Действительно, от замысла (реализовать на основе науки силы природы) до реализации дистанция была еще достаточно большая. С современной точки зрения понятно, что это был именно замысел, своеобразный социальный проект (наподобие платоновского государства) и было неизвестно, удастся ли этот замысел реализовать.

**Реализация замысла новоевропейской науки в трудах Галилея**

Необходимо остановиться на контексте, в котором происходило творчество Галилея. Один аспект этого контекста задавался ситуацией конкуренции комментариев к античным и средневековым научным текстам. Другой определялся новым пониманием природы, научного знания и практического действия. Как мы уже отмечали, познание природы, ее законов рассматривалось теперь в качестве необходимого условия практической деятельности, использующей силы природы. Но как убедиться, что полученное в науке знание является именно тем, которое обеспечивает эти условия, ведь природу описывали и объясняли по-разному (именно этому были посвящены средневековые и возрожденческие комментарии к античной науке и философии)? Отвечая на этот кардинальный вопрос, ученые Нового времени пришли к идее опытного обоснования полученного в науке знания. Они рассуждали, вероятно, следующим образом. Наука должна описывать и задавать законы природы. С другой стороны, сама природа предъявляет себя в опыте. Если наука построена правильно, то законы (теоретические состояния природы) будут соответствовать реальным состояниям природы, наблюдаемым в опыте. Естественно, что и наука здесь понимается иначе, чем в античности или в Средние века, и сама природа. Наука начинает трактоваться как своеобразная модель природы, а природа – как моделируемая в науке (что позже выразилось в афоризме "природа написана на языке математики"). Опыт же рассматривается как способ удостоверения соответствия науки (теории) и природы.

Но разве можно устанавливать изоморфизм объектов ("подлежащего") и знаний? Для Аристотеля нет. Но идеи Платона, кстати, весьма популярные в эпоху Возрождения, допускают такую операцию. В философии Платона, как известно, как раз и устанавливается соответствие идей и вещей. Удвоение действительности (соответствие мира идей миру вещей), против которого протестовал Аристотель, в данном случае сослужило свою плодотворную роль. Однако остается кардинальный вопрос: каким образом опыт может удостоверить соответствие теории и природы? Одно дело провозглашать этот принцип, другое – провести его в жизнь. Первый, кому это удалось, и был великий Галилей, но для этого ему пришлось опыт (им является непосредственное наблюдение за явлениями природы) трансформировать в эксперимент, где соответствие теории и явлений природы устанавливалось техническим путем, то есть искусственно. Другими словами, в опыте природа всегда ведет себя иначе, чем предписывает теория, но в эксперименте природа приводится в состояние, отвечающее требованиям теории, и поэтому ведет себя в соответствии с теоретически выявленными в науке законами.

Галилей показал, что для использования науки в целях описания естественных процессов природы годятся не любые научные объяснения и знания, а лишь такие, которые, с одной стороны, описывают реальное поведение объектов природы, но, с другой – это описание предполагает проецирование на объекты природы научной теории. Другими словами, естественнонаучная теория должна описывать поведение идеальных объектов, но таких, которым соответствуют определенные реальные объекты. Какая же идеализация интересовала Галилея? Та, которая обеспечивала овладение природными процессами: хорошо их описывала (в научной теории) и позволяла ими управлять (предсказывать их характер, создавать необходимые условия, запускать практически). Установка Галилея на построение теории и одновременно на инженерные приложения заставляет его проецировать на реальные объекты (падающие тела) характеристики моделей и теоретических отношений, т.е. уподоблять реальный объект идеальному. Однако поскольку они различны, Галилей расщепляет в знании реальный объект на две составляющие. Одна составляющая точно соответствовала идеальному объекту (конкретно в исследовании Галилея речь шла о свободном падении тела в пустоте, описываемом законом равномерного приращения скорости этого тела), другая отличалась от него. Эта вторая составляющая рассматривается Галилеем как идеальное поведение, искаженное влиянием разных факторов – среды, трения, взаимодействия тела и наклонной плоскости и т.п. Затем эта вторая составляющая реального объекта, отличающая его от идеального объекта, элиминируется (точнее, уменьшается настолько, чтобы ее можно было не учитывать) в эксперименте техническим способом.

До Галилея научное изучение всегда мыслилось как получение об объекте научных знаний при условии константности, неизменности самого объекта. Никому из исследователей не приходило в голову практически изменять реальный объект (в этом случае он мыслился бы как другой объект). Ученые шли в ином направлении, стараясь так усовершенствовать модель и теорию, чтобы они полностью описывали поведение реального объекта. Расщепление реального объекта на две составляющие и убеждение, что теория задает истинную природу объекта, которая может быть проявлена не только в знании, но и в опыте, направляемом знанием, то есть эксперименте, позволяет Галилею мыслить иначе. Он задумывается над вопросом о возможности так изменить сам реальный объект, практически воздействовав на него, чтобы уже не нужно было изменять его модель, поскольку объект станет соответствовать ей. Именно на этом пути Галилей и достиг успеха. Следовательно, в отличие от опытов, которые проводили многие ученые и до Галилея, эксперимент предполагает, с одной стороны, вычленение в реальном объекте идеальной составляющей (при проецировании на реальный объект теории), а с другой – перевод техническим путем реального объекта в идеальное состояние, т.е. полностью отображаемое в теории [77, с. 129-145]. Интересно, что опытным путем Галилей смог проверить лишь тот случай, где можно было не учитывать действие основных сил сопротивления. В реальной практике подобная ситуация не имела места, она была идеальной, вычисленной теоретически, реализованной техническим путем. Но оказалось, что будущее именно за такими идеальными ситуациями; они открывали новую эпоху в практике человека – эру инженерии, опирающейся на науку.

Отметим еще, что галилеевский эксперимент подготовил почву для формирования инженерных представлений, например представления о механизме. Действительно, физический механизм содержит не только описание взаимодействия определенных естественных сил и процессов (например, у Галилея свободное падение тел включает процесс равномерного приращения скоростей падающего тела, происходящий под влиянием его веса), но и условия, определяющие эти силы и процессы (на падающее тело действует среда – воздух, создающая две силы – архимедову выталкивающую силу и силу трения, возникающую потому, что при падении тело раздвигает и отталкивает частички среды). Важно и такое обстоятельство: среди параметров, характеризующих эти условия, физик, как правило, выявляет и такие, которые он может контролировать сам. Так Галилей определил, что такие параметры тела как его объем, вес, обработка поверхности он может контролировать; можно, оказалось, контролировать даже скорость тела, замедлив на наклонной плоскости его падение. В результате Галилею удалось создать такие условия, в которых падающее тело вело себя строго в соответствии с теорией, т.е. приращение его скорости происходило равномерно и скорость тела не зависела от его веса. (В обычных, неэкспериментальных, условиях наблюдаются случаи, когда тела в среде падают равномерно и тяжелое тело быстрее, чем легкое. Галилей определил, что эти случаи имеют место при определенном соотношении веса и диаметра тела) [77; 13].

Но подчеркнем еще раз, что для этого необходимо было охарактеризовать не только естественные взаимодействия и процессы, не только определить условия, детерминирующие их, но и контролировать в эксперименте ряд параметров этих естественных процессов. Контролируя, изменяя, воздействуя на эти параметры, Галилей смог в эксперименте подтвердить свою теорию. В дальнейшем инженеры, определяя, рассчитывая нужные для технических целей параметры естественных взаимодействий, научились создавать механизмы и машины, реализующие данные технические цели.

Инженерное творчество Х.Гюйгенса. Исследования Г.Галилея создали все необходимые условия для осуществления последнего решающего шага – создания первых образцов инженерной деятельности. Разработка (изобретение) эксперимента позволила Галилею задать техническим путем соответствие между теорией и состояниями природных явлений (процессов). Точнее, надо бы говорить о соответствии (изоморфизме) состояний идеальных объектов теории состояниям экспериментально выделенного реального природного процесса. Установление подобного изоморфизма открывало дорогу для широкого использования теории, для опережающего получения знаний, для точного определения параметров реального объекта, который обеспечивал запуск и использование сил и энергий природы. Если изоморфизм теории и реального процесса имеет место, то мы получаем ситуацию, сходную с той, с которой работали античные философы-техники (Архит, Эвдокс, Архимед).

Галилей не ставил своей специальной целью получение знаний, необходимых для создания технических устройств, для определения параметров реальных объектов, которые можно положить в основание таких устройств. Когда он вышел на идею использования наклонной плоскости и далее определил ее параметры, то он решал эту задачу как одну из побочных в отношении основной – построения новой науки, описывающей законы природы. Гюйгенс же своей основной задачей ставит задачу, которая по отношению к Галилеевской выступает как обратная. Если Галилей считал заданным определенный природный процесс (свободное падение тела) и далее строил знание (теорию), описывающее закон протекания этого процесса, то Х.Гюйгенс ставит перед собой обратную задачу: по заданному в теории знанию (соотношению параметров идеального процесса) определить характеристики реального природного процесса, отвечающего этому знанию. На самом деле, как показывает анализ работы Гюйгенса, задача, которую он решал, была более сложная: определить не только характеристики природного процесса, описываемого заданным теоретическим знанием, но также получить в теории дополнительные знания, необходимые для уяснения механизма явления, выдержать условия, обеспечивающие отношение изоморфизма, определить параметры объекта, которые может регулировать сам исследователь. Кроме того, выявленные параметры нужно было конструктивно увязать с другими, определяемыми на основе рецептурных соображений так, чтобы в целом получилось действующее техническое устройство, в котором бы реализовался природный процесс, описываемый исходно заданным теоретическим знанием. Другими словами, Х.Гюйгенс пытается реализовать мечту и замысел техников и ученых Нового времени: исходя из научных теоретических соображений запустить реальный природный процесс, сделав его следствием человеческой деятельности. И надо сказать, это ему удалось. Конкретно инженерная задача, стоящая перед Гюйгенсом, заключалась в необходимости сконструировать часы с изохронным качанием маятника, т.е. подчиняющимся определенному физическому соотношению (время падения такого маятника от какой-либо точки пути до самой его низкой точки не должно зависеть от высоты падения). Анализируя движение тела, удовлетворяющее такому соотношению, Гюйгенс приходит к выводу, что маятник будет двигаться изохронно, если будет падать по циклоиде, обращенной вершиной вниз. Открыв далее, "что развертка циклоиды есть также циклоида", он подвесил маятник на нитке и поместил по обеим ее сторонам циклоидально-изогнутые полосы так, "чтобы при качании нить с обеих сторон прилегала к кривым поверхностям. Тогда маятник действительно описывал циклоиду" [32, с. 12-33, 79, 91].

Таким образом, исходя из технического требования, предъявленного к функционированию маятника, и знаний механики, Гюйгенс определил конструкцию, которая может удовлетворять данному требованию. Решая эту техническую задачу, он отказывается от традиционного метода проб и ошибок, типичного для античной и средневековой технической деятельности, и обращается к науке. Гюйгенс сводит действия отдельных частей механизма часов к естественным процессам и закономерностям и затем, теоретически описав их, использует полученные знания для определения конструктивных характеристик нового механизма. Такому выводу предшествовали исследования по механике, идущие в русле идей "Бесед...". Не забывает Гюйгенс при этом и своей конечной цели. "Для изучения его (маятника) природы, – пишет он, – я должен был произвести исследования о центре качания... Я здесь доказал ряд теорем... Но всему я предпосылаю описание механического устройства часов..." [32, с. 10].

Другими словами, Гюйгенс опирается на установленные Галилеем отношения между научным знанием (идеальными объектами) и реальным “экспериментальным” объектом. Но если Галилей показал как приводить реальный объект в соответствие с идеальным и, наоборот, превращать этот идеальный объект в "экспериментальную" модель, то Гюйгенс продемонстрировал, каким образом полученное в теории и эксперименте соответствие идеального и реального объектов использовать в технических целях. Тем самым Гюйгенс и Галилей практически осуществили то целенаправленное применение научных знаний, которое и составляет основу инженерного мышления и деятельности. Для инженера всякий объект, относительно которого стоит техническая задача, выступает, с одной стороны, как явление природы, подчиняющееся естественным законам, а с другой – как орудие, механизм, машина, сооружение, которые необходимо построить искусственным путем ("как другую природу"). Сочетание в инженерной деятельности "естественной" и "искусственной" ориентации заставляет инженера опираться и на науку, из которой он черпает знания о естественных процессах, и на существующую технику, где он заимствует знания о материалах, конструкциях, их технических свойствах, способах изготовления и т.д. Совмещая эти два рода знаний, инженер находит те "точки" природы и практики, в которых, с одной стороны, удовлетворяют требования, предъявляемые к данному объекту его употреблением, а с другой – происходит совпадение природных процессов и действий изготовителя. Если инженеру удается в такой двухслойной "действительности" выделить непрерывную цепь процессов природы, действующую так, как это необходимо для функционирования создаваемого объекта, а также найти в практике средства для "запуска" и "поддержания" процессов в такой цепи, то он достигает своей цели. Так Гюйгенс смог показать, что изохронное движение маятника может быть обеспечено конструкцией, представляющей собой развертку циклоиды. Падение маятника, видоизмененное такой конструкцией, вызывало естественный процесс, соответствующий как научным знаниям механики, так и инженерным требованиям к механизму часов.

В своем трактате Гюйгенс перечисляет задачи, которые ему необходимо было решить: пришлось развернуть учение Галилея о падении тел, доказав ряд новых теорем, изучить развертки кривых линий (в результате Гюйгенс создал теорию эволют и эвольвент), провести исследование о центре качания маятника и, наконец, воплотить полученные знания в конкретном механическом устройстве часов. С работ Гюйгенса естественнонаучные знания (механики, оптики и др.) начинают систематически использоваться для создания разнообразных технических устройств. Для этого в естественной науке инженер-ученый выделяет или строит специальную группу теоретических знаний. При этом именно инженерные требования и характеристики создаваемого технического устройства влияют на выбор таких знаний или формулирование новых теоретических положений, которые нужно доказать в теории. Эти же требования и характеристики (в случае исследования Гюйгенса – это было требование построить изохронный маятник, а также технические характеристики создаваемых в то время механических конструкций) показывают, какие физические процессы и факторы необходимо рассмотреть (падение и подъем тел, свойства циклоиды и ее развертки, падение весомого тела по циклоиде), а какими можно пренебречь (сопротивлением воздуха, трением нити о поверхности). Наконец, исследование в теории позволяет перейти к первым образцам инженерного расчета.

Расчет в данном случае, правда, предполагал не только применение уже полученных в теории знаний механики, оптики, гидравлики и т.д., но и, как правило, их предварительное построение теоретическим путем. Расчет – это определение характеристик технического устройства, исходя, с одной стороны, из заданных технических параметров (т.е. таких, которые инженер задавал сам и мог контролировать в существующей технологии) и, с другой – из теоретического описания физического процесса, который нужно было реализовывать техническим путем. Описание физического процесса бралось из теории, затем определенным характеристикам этого процесса придавались значения технических параметров и, наконец, исходя из соотношений, связывающих в теории характеристики физического процесса, определялись те параметры, которые интересовали инженера. В трактате о часах Гюйгенс провел несколько расчетов: длины простого изохронного маятника, способа регулирования хода часов, центров качания объемных тел. Фактически уже теории Архимеда содержали своеобразные расчеты (например, устойчивости плавающих тел), и, возможно, великий ученый античности рассчитывал с их помощью технические конструкции. Однако для Архимеда расчет – деятельность, лежащая за пределами науки. Рассчитать техническое сооружение в понимании Архимеда, вероятно, ни что иное, как определить один из частных случаев существования математической идеи (сущности). Для ученого такого калибра как Архимед подобные задачи вполне можно было решить, и, судя по созданным им механизмам, он их решал (и не однажды).

Исследование Гюйгенса интересно еще в одном отношении: в его работе приводятся не только описания соответствующих математических кривых и движущихся по этим кривым тел (т.е. идеальные объекты математики и механики), но также изображение конструкции часов или их элементов (например, циклоидально-изогнутых полосок). Такое соединение в одном исследовании описаний двух разных типов объектов (идеальных и технических) позволяет не только аргументировать выбор и построение определенных идеальных объектов, но и понимать все исследование особым образом: это и не чисто научное познание, и не просто техническое конструирование, а именно инженерная деятельность. На ее основе складывается и особая инженерная реальность. В рамках этой реальности в XVIII, XIX и начале XX столетия формируются основные виды инженерной деятельности: инженерное изобретательство, конструирование, инженерное проектирование.

Изобретательская деятельность представляет собой полный цикл инженерной деятельности (мы его рассмотрели на примере работы Гюйгенса): изобретатель устанавливает связи между всеми основными компонентами инженерной реальности – функциями инженерного устройства, природными процессами, природными условиями, конструкциями (при этом все эти компоненты находятся, описываются, рассчитываются).

Конструирование – это неполный цикл инженерной деятельности: связи между основными компонентами инженерной реальности уже установлены в изобретательской деятельности. Задача конструирования иная – опираясь на эти связи, определить (в том числе и рассчитать) конструктивное устройство инженерного сооружения. Конструирование – это такой момент создания инженерного объекта, который позволяет инженеру, с одной стороны, удовлетворить различные требования к этому объекту (назначению, характеристикам работы, особенностям действия, условий и т.д.), а с другой – найти такие конструкции и так их соединить, чтобы обеспечивался нужный естественный процесс (с нужными параметрами), чтобы этот процесс можно было запустить и поддержать в инженерном устройстве. И изобретение, и конструирование, и входящие в них расчеты нуждались, с одной стороны, в специальных знаковых средствах инженерной деятельности (схемах, изображениях, чертежах), с другой – в специальных знаниях. Сначала это были знания двоякого рода – естественнонаучные (отобранные или специально построенные) и собственно технологические (описания конструкций, технологических операций и т.д.). Позднее естественнонаучные знания были заменены знаниями технических наук.

В инженерном проектировании сходная задача (определения конструкции инженерного устройства) решается иначе – проектным способом: в проекте без обращения к опытным образцам имитируются и задаются функционирование, строение и способ изготовления инженерного устройства (машины, механизма, инженерного сооружения).

Поскольку инженерный этап развития техники существенно связан с развитием и технических наук, и проектирования, рассмотрим последовательно и то, и другое.