

*(Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук : учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / под общ. ред. В. В. Миронова. – М. : Гардарики, 2006. – 639 с.)*

Технические науки сегодня представляют собой особый класс научных (научно-технических) дисциплин. Они представляют собой самостоятельные научные дисциплины наряду с общественными, естественными и математическими науками. Вместе с тем они существенно от них отличаются по специфике своей связи с техникой. Особенности 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.

В научно-технических дисциплинах необходимо различать исследования, включенные в инженерную деятельность (независимо от того, в каких организационных формах они протекают), и теоретические исследования или техническую теорию.

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

Однако противопоставление естественных и искусственных объектов не дает реального основания для различения, поскольку почти все явления, изучаемые современной экспериментальной наукой, являются технически воссозданными в лабораториях и в этом смысле искусственными. Чтобы преобразовать электромагнитные уравнения Максвелла в форму, применяемую инженерами, потребовались огромные творческие усилия инженера О. Хэвисайда, поскольку информация от сообщества ученых может перейти к сообществу инженеров только после серьезной переформулировки и развития результатов естествознания. Для этого требуются «ученые-инженеры» или «инженеры-ученые», принадлежащие к обоим сообществам и развивающие особую техническую теорию, как, например, ученый-инженер В. Рэнкин, ведущая фигура в создании термодинамики и прикладной механики, связавший практику построения паровых двигателей высокого давления с научными законами. Рэнкин доказывает необходимость развития промежуточной формы знания между физикой и техникой, заключающейся в единстве теории и практики. Действия машины должны основываться на теоретических понятиях, а свойства материалов - выбираться исходя из твердо установленных экспериментальных данных. В паровом двигателе изучаемым материалом был пар, а законы действия были законами создания и исчезновения теплоты, покоящимися на формальных теоретических понятиях. Поэтому его работа в равной мере зависела и от свойств пара, устанавливаемых практически, и от состояния теплоты в этом паре. Законы теплоты влияют на свойства пара, но и свойства пара могут изменить действие теплоты. Такой анализ действия расширения пара позволил Рэнкину открыть причины потери эффективности двигателей и рекомендовать конкретные мероприятия, уменьшающие негативное действие расширения. Модель технической науки, предложенная ученым, обеспечила применение теоретических идей к практическим проблемам и привела к образованию новых понятий на основе объединения элементов науки и техники.

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

Технические теории оказывают, в свою очередь, влияние на физическую науку и даже на физическую картину мира. Например, теория упругости стала генетической основой модели эфира, а гидродинамика легла в основу вихревых теорий материи. Исследование соотношения и взаимосвязи естественных и технических наук направлено

также на то, чтобы при анализе технических наук обосновать возможность использования методологических средств, развитых в философии науки в процессе исследования естествознания. Однако за последние десятилетия возникло множество технических теорий, которые основываются не только на физике и могут быть названы абстрактными техническими теориями, например системотехника, информатика или теория проектирования, для которых характерно включение общей методологии в фундаментальные инженерные исследования. Поэтому рассмотрим сначала генезис технических теорий в классических технических науках и их отличие от физической теории и лишь затем перейдем к особенностям теоретико-методологического синтеза знаний в современных

научно-технических дисциплинах.

Поскольку первые технические теории строились по образцу физических теорий, а анализ строения физических теорий всегда был и остается в центре внимания философии науки, то для разъяснения специфики технических наук важно показать сходства и отличия физической и технической теорий. В структуре и естественнонаучной, и технической теории наряду с концептуальным и математическим аппаратом важную роль играют теоретические схемы, образующие своеобразный внутренний скелет теории и представляющие собой совокупность абстрактных объектов, ориентированных, с одной стороны, на применение математического аппарата, а с другой - на мысленный эксперимент, т.е. на проектирование возможных экспериментальных ситуаций. Они являются особыми идеализированными представлениями - теоретическими моделями, которые часто, в особенности в технических науках, выражаются графически, как, например, электрические и магнитные силовые линии, введенные Фарадеем в качестве схемы электромагнитных взаимодействий, которые, по меткой характеристике Максвелла, позволяют воспроизвести точный образ исследуемого предмета. Герц использует и развивает эту теоретическую схему Фарадея для осуществления и описания своих знаменитых опытов, называя такое изображение наглядной картиной распределения силовых линий, которая призвана описать процесс их отшнуровывания от вибратора, что, с одной стороны, стало решающим для передачи электромагнитных волн на расстояние и появления радиотехники, а с другой - позволило ему проанализировать распределение сил для различных моментов времени. В технической теории такого рода графические изображения играют еще более существенную роль, поскольку оперирование схемами является особенностью инженерного мышления.

Теоретические схемы выражают видение мира под определенным углом зрения, заданным в теории, и, с одной стороны, отражают интересующие данную теорию свойства и аспекты реальных объектов, а с другой - являются ее оперативными

средствами для идеализированного представления этих объектов, которое затем может быть практически реализовано в эксперименте. Например, применяемые Герцем теоретические понятия имеют четкое математическое выражение - поляризация, смещение, количество электричества, сила тока, период, амплитуда, длина волны и т.д., но имеется в виду и соотносительность математического описания с опытом. Производя же опыты, он постоянно обращается к математическим расчетам. Абстрактные объекты, входящие в состав теоретических схем математизированных теорий, представляют собой результат схематизации экспериментальных объектов или, в более широком контексте, любых объектов предметно-орудийной, в том числе инженерной, деятельности. В технических науках эксперимент замещается инженерной деятельностью, в которой и проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и черпается новый эмпирический материал.

Абстрактные объекты технической теории обладают целым рядом особенностей, например, собраны из некоторого фиксированного набора блоков по определенным правилам сборки: в электротехнике - это емкости, индуктивности, сопротивления; в теоретической радиотехнике - генераторы, фильтры, усилители и т.д., в теории механизмов и машин - различные типы звеньев, передач, цепей, механизмов. С одной стороны, это обеспечивает соответствие абстрактных объектов стандартизованным конструктивным элементам реальных технических систем, а с другой - создает возможность их дедуктивного преобразования на теоретическом уровне. В теоретических схемах технической науки задается образ исследуемой и проектируемой технической системы. Специфика технической теории состоит в том, что она ориентирована не на объяснение и предсказание хода естественных процессов, а на конструирование технических систем. Научные знания и законы, полученные естественнонаучной теорией, требуют доводки для применения их к решению практических инженерных задач, в чем и состоит одна из функций технической теории, поскольку теоретические знания в технических науках должны быть доведены до уровня практических инженерных рекомендаций. Выполнению этой задачи служат правила перехода от одних модельных уровней к другим, а проблема интерпретации и эмпирического обоснования в технической науке формулируется как задача реализации, поэтому в ней важную роль играет разработка операций перенесения теоретических результатов в область инженерной практики, установление четкого соответствия между сферой абстрактных объектов технической теории и конструктивными элементами реальных технических систем, что соответствует теоретическому и эмпирическому уровням знания.

Эмпирический уровень технической теории образуют конструктивно-технические и технологические знания - эвристические методы и приемы, разработанные в самой инженерной практике и являющиеся результатом обобщения практического опыта при проектировании, изготовлении, отладке и т.д. технических систем. Конструктивно-технические знания преимущественно ориентированы на описание

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

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

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

Поточная схема, или схема функционирования, описывает естественные процессы, протекающие в технической системе, исходя из естественнонаучных, например физических, представлений, и связывающие ее элементы в единое целое. Блоки таких схем отражают различные действия, выполняемые над естественным процессом элементами технической системы в ходе ее функционирования. Однако она имеет дело не с огромным разнообразием конструктивных элементов технической системы, отличающихся своими характеристиками, принципом действия, конструктивным оформлением и т.д., а со сравнительно небольшим количеством идеальных элементов и их соединений, представляющих эти идеальные элементы на теоретическом уровне. Для применения математического аппарата требуется дальнейшая идеализация, причем в зависимости от режима функционирования одна и та же схема может быть построена по-разному. Режим функционирования технической системы определяется прежде всего тем, какой естественный процесс через нее протекает. В зависимости от этого и элементы цепи на схеме функционирования меняют вид. Для каждого вида естественного процесса применяется наиболее адекватный ему математический аппарат, призванный обеспечить эффективный анализ поточной схемы технической системы в данном режиме ее функционирования. Поточные схемы в общем случае отображают не обязательно физические (электрические, механические, гидравлические и т.д.), но и химические, биологические и вообще любые естественные процессы, а в предельно общем случае - вообще любые потоки субстанции - вещества, энергии, информации, причем в частном случае эти процессы могут быть редуцированы к стационарным состояниям, рассматриваемым как вырожденный частный случай процесса.

Структурная схема технической системы фиксирует те узловые точки, на которые замыкаются потоки - процессы функционирования и которыми могут быть единицы оборудования, детали или даже целые технические комплексы, представляющие собой конструктивные элементы различного уровня, входящие в данную техническую систему, отличающиеся по принципу действия, техническому исполнению и ряду других характеристик. Такие элементы обладают, кроме функциональных свойств, свойствами второго порядка, т.е. теми, которые привносят с собой в систему определенным образом реализованные элементы, в том числе и нежелательные. Структурная схема фиксирует конструктивное расположение элементов и связей данной технической системы и предполагает определенный способ ее реализации, но является результатом некоторой идеализации, теоретическим наброском структуры будущей технической системы, который может помочь разработать ее проект, а не скрупулезным описанием, по которому может быть построена техническая система. Это исходное теоретическое описание технической системы с целью ее теоретического расчета и поиска возможностей для усовершенствования или разработки на ее основе новой системы. На структурных схемах указываются обобщенные конструктивно-технические и технологические параметры стандартизированных конструктивных элементов, необходимые для проведения дальнейших расчетов, например, их тип и размерность в

соответствии с инженерными каталогами, способы наилучшего расположения и соединения. При этом следует отличать структурную теоретическую схему от различного рода изображений реальных, встречающихся в инженерной деятельности схем, например монтажных схем, описывающих конкретную структуру технической системы и служащих руководством для ее сборки на производстве. Структурные схемы в классических технических науках отображают в технической теории именно конструкцию технической системы и ее технические характеристики. Они позволяют перейти от естественного модуса рассмотрения технической системы, который фиксируется в поточной схеме, к искусственному модусу, поэтому в частном случае структурная схема в идеализированной форме отображает техническую реализацию физического процесса. В классической технической науке такая реализация всегда является технической и осуществляется в контексте определенного типа инженерной деятельности и вида производства. В современных человеко-машинных системах подобная реализация может быть самой различной, в том числе и не технической. В этом случае речь идет о конфигурации системы, ее обобщенной структуре.

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

многократного возвращения на предыдущие стадии, составления новых поточных и функциональных схем, проведения дополнительных эквивалентных преобразований и расчетов.

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

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



процессе систематического изложения теории, например в учебниках, или совсем опускаются, или приводятся лишь в качестве иллюстративных примеров.

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

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

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

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