

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
И СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕХНИКИ
И
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Выпуск 2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

СПЕЦИФИКА
ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК



МОСКВА • 1974

2-049485

В. В. Чешев

Если, как мы установили, к основным понятиям технического знания относятся «структура», «функция» и «процесс», то научное описание объекта разветвляется с помощью их таким образом, что выявляется взаимная корреляция структурных, функциональных и процессных (физических и других естественных) характеристик. Делать это необходимо, потому что в техническом знании существует набор характеристик, соответствующих трем указанным понятиям: структуры объекта, его функционирования и физического процесса, реализуемого в конкретной технической среде. Что же представляют собой эти характеристики, и как они связываются в научно-техническом знании?

Мы уже указывали, что осуществление технологического процесса или заданных функций каким-либо техническим устройством есть воплощение физических или других законов в форме конкретного процесса. Это — «инвариант», сохраняющийся при любом использовании устройства и описываемый средствами естественных наук. Так мы получаем естественнонаучное описание технического объекта.

Оно представляет собой в общем случае набор основных физических величин и связей между ними. Последние определены соответствующими естественнонаучными законами. Совокупность применяемых физических величин можно обозначить как некое множество, элементами которого являются n физических величин Φ ($\Phi_1 \dots \Phi_n$). Тогда вся совокупность физических законов, действующих в данном устройстве и используемых в нашем описании, может быть представлена как множество (M) уравнений, связывающих величины $\Phi_1 \dots \Phi_n$ (схема).

Естественнонаучное описание, представленное на схеме соответствующим «блоком», получено перенесением естественнонаучного знания в прикладную область. В своем содержании оно еще не несет никаких специфических признаков технического знания, так как выход за пределы естествознания пока не совершился, а круг взаимосвязей и отражающих их понятий ограничен соответствующей областью естественных наук. Те или иные индивидуальные особенности протекания физических процессов или существования физических свойств сами по себе не могут служить основанием для отделения технических от всех других объектов, ибо эти процессы и свойства еще не поставлены в связь с целевым назначением объекта и, главное, его целесообразным использованием. Значит, естественнонаучное описание не содержит специфических характеристик объекта как средства деятельности и самая важная особенность технического объекта оказывается не раскрытой.

Естественнонаучное описание

Техническое описание

$$\begin{aligned} &\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_n \\ M = \{ &f_i(\Phi_1 \dots \Phi_n) = 0; \\ &i = 1 \dots n' \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &T_1, T_2 \dots T_m \\ M' = \{ &\tau_j(T_1 \dots T_m) = 0; \\ &j = 1 \dots m' \} \end{aligned}$$

$$M'' = \{ \psi_v(\Phi, T) = 0; \quad v = 1 \dots k \}$$

$$T = F(\Phi)$$

Связи физических и технических величин
конструктивные параметры

$$K_1, K_2 \dots K_r$$

$$\begin{aligned} N = \{ &V_s(\Phi, K) = 0; \quad s = 1 \dots l \} & N' = \{ &U_t(T, K) = 0; \quad t = 1 \dots p \} \\ &\Phi = F_1(K) & & T = F_2(K) \end{aligned}$$

Связи физических и
«структурных» величин

Связи технических величин
функционирования и структуры

Общий вид:

$$X_\mu(\Phi, T, K) = 0; \quad \mu = 1 \dots l.$$

Схема. Структура научного описания технического объекта.

Перенос естественнонаучных знаний в прикладную сферу сам по себе еще не создает технического знания. Чтобы получить его нужно отразить объект как средство деятельности, и, следовательно, найти научные средства, описывающие его именно с этой стороны. Задача может быть успешно решена, как указывалось ранее, введением понятий о технических параметрах и технических характеристиках объекта, составляющих его техническое описание.

Оно получается следующим образом. Устройство выполняет ту или иную функцию, действуя на другие объекты (и другими объектами на него) с целью получения полезного эффекта. Эти взаимные действия и полезный эффект устройства оцениваются с помощью ряда величин, каждая из которых может иметь определенную размерность и физический смысл (сила, скорость, напряжение, ток и т. п.). Последнее означает, что в большинстве случаев техническое действие выражается и измеряется такими же физическими величинами, какими описываются естественные процессы, совершающиеся в природе.

В других случаях величины, полученные при описании технического действия и полезного эффекта, возможно будут иметь более заметный специфический характер и представлять собой такие величины, которыми естествознание не пользуется. Напри-

мер, быстродействие системы регулирования или быстродействие вычислительной машины, чувствительность прибора и радиотехнического устройства, избирательность, устойчивость к помехам и др. Если эти параметры и имеют размерность, то они чаще всего представляют собой комбинацию физических величин, которыми оперирует соответствующая область естествознания (произведение или частное двух или нескольких физических величин). А если названные величины размерности не имеют (коэффициент полезного действия), то они выступают как отношение двух величин одинаковой размерности и, таким образом, тоже приобретают определенный физический смысл. Заметим, что в естествознании также используются безразмерные величины (например, в оптике коэффициент преломления на границе оптических сред).

Общим признаком, который объединяет всю совокупность названных величин и отличает их от характеристик естественнонаучного описания, является предназначение последних для анализа функционирования технического устройства как средства целесообразной деятельности. Функционирование технического объекта оказывается как бы «снятым» и зафиксированным в наборе величин. Учитывая принцип, по которому получен рассматриваемый набор величин (описать функционирование объекта как средства деятельности), эти величины мы назвали техническими (или техническими параметрами).

Приведенные выше соображения важны для понимания сущности технического описания объекта. Оно представляет собой набор технических величин (на схеме этот набор обозначен как некое множество, элементами которого являются $T_1 \dots T_m$) и взаимосвязей величин $T_1 \dots T_m$, записываемых математически как множество M уравнений, связывающих эти величины. Взаимосвязи технических величин выступают как технические характеристики объекта.

По внешней форме техническое описание объекта оказывается аналогичным естественнонаучному. Подобно тому, как в естественнонаучном описании выделяется набор физических величин и связи между ними, так и техническое описание состоит из ряда технических параметров (технических величин) и устанавливает взаимосвязи между ними (технические характеристики). Принципиальное же различие между указанными типами описания заключается в следующем. Если естественнонаучное описание выступает как описание физического процесса безотносительно к функционированию объекта, то техническое описание особым образом отражает его функционирование. Набор технических величин и их взаимосвязей определяется целевым назначением объекта. При изменении способа его функционирования будет изменяться набор технических величин, описывающих функционирование и взаимосвязи этих величин.

В техническом описании отражается «поведение» устройства, но само по себе это описание не выявляет причин тех или иных технических свойств, параметров и характеристик объекта. Техническое описание может быть поднято до теоретического научного уровня в том случае, если удастся показать закономерность существования этих характеристик и выявить условия обязательного их существования.

В то же время не вызывает сомнения, что технические характеристики объекта находятся в соответствии с его физическим содержанием и конкретной формой проявления. Технические свойства ее обнаруживаются лишь тогда, когда она используется для создания средства деятельности. Поскольку изменения в техническом поведении объекта вызываются посредством изменений в его физическом содержании, то теоретическое техническое знание должно синтезировать оба типа описания одного и того же объекта с тем, чтобы выявить взаимную определенность физических и технических характеристик, взаимозависимость физических и технических величин.

На языке математики синтез двух форм описания означает получение уравнений, в которые входят как физические, так и технические величины. Поскольку физические величины обозначены буквой Φ , а технические — T , то множество уравнений, которые необходимо получить, выглядят как $M'' = \{\varphi_i(\Phi, T) = 0; i = 1 \dots k\}$ см. схему.

Такие взаимосвязи устанавливаются включением технических величин в уравнения, описывающие физические процессы. Принципиальная возможность указанной процедуры обусловлена прежде всего тем, что технические величины обладают определенным физическим смыслом и размерностью. Если техническая величина по своей размерности соответствует одной из физических величин, применяемых в естественнонаучном описании, то она включается в уравнения непосредственно. Может иметь место совпадение той или иной физической и технической величины. Тогда одна и та же величина фигурирует в обоих типах описания, но в различных взаимоотношениях с другими величинами (в одном случае она относится к процессу, в другом — используется для описания функционирования). Если же техническая величина есть комбинация физических величин, то она включается в уравнения через одну из взаимосвязанных величин после соответствующих преобразований.

Взаимосвязи технических и физических величин представляются следующим образом. Технический объект, рассматриваемый со стороны совершающихся в нем процессов, предстает как совокупность «физических контуров» (цепей), связанных друг с другом. Каждая цепь описывается совокупностью физических величин, находящихся в закономерной связи. В то же время существуют законы, отражающие связь физических цепей (например, магнитной и электрической). При техническом описании

берутся величины, относящиеся к различным цепям и выступающие (порознь или во взаимосвязи) как технические параметры, поскольку они выделены в связи с функционированием объекта, а не как показатели физического процесса. Взаимосвязь технических величин оказывается опосредованной; она реализуется чаще всего через несколько взаимосвязанных физических цепей и далеко не всегда может быть выражена аналитически. Поэтому на практике нередко пользуются графиками, полученными экспериментально.

Понятно, что взаимосвязь технических величин в техническом описании хотя и является причинно обусловленной и необходимой, но закона природы тем не менее она не выражает. Взаимосвязь эта возникает только в устройствах данного типа скорее как пересечение целого ряда физических законов и выступает в виде технической характеристики объекта. Теперь становится понятным, что если конкретизировать описание процессов до соответствующего уровня, то отдельные технические величины или их составляющие войдут в «физические» уравнения тех или иных цепей и их взаимосвязей. Так появляются уравнения, в которые входят величины обоих типов (Φ и T). Эти уравнения выражают взаимосвязь физических и технических параметров и позволяют выявить физическую природу соответствующих технических характеристик.

Примером, иллюстрирующим высказанные соображения, служит анализ процессов, происходящих в электромашинном генераторе. При физическом анализе выделяются две цепи: а) магнитная, которая описывается уравнениями $\Phi = BS$; $B = \mu H$;

б) электрическая — уравнением $E = \sum_{i=1}^n I \cdot R_i$.

Взаимосвязь цепей выражается законом электромагнитной индукции $E = - \frac{d\Phi}{dt}$.

При техническом описании объекта указывается ряд физических величин, выступающих в роли технических параметров и относящихся к различным цепям (например, ток возбуждения I_v , напряжение на щетках U , ток якоря, он же ток нагрузки, I_a). Для нашего объекта оказывается чрезвычайно важным установить зависимость I_a от I_v при постоянном напряжении на щетках $U = \text{const}$. Указанная характеристика называется регулировочной характеристикой генератора. Здесь I_a и I_v — величины, относящиеся к различным цепям. Их взаимосвязь, будучи технической характеристикой, имеет место лишь в устройствах данного типа. Она опосредована рядом промежуточных звеньев и, как правило, полное аналитическое выражение ее не составляется ввиду наличия нелинейных цепей. Поэтому используется либо приближенное аналитическое выражение, либо снятая экспериментально и построенная графическая зависимость.

Величины $I_{\text{я}}$ и $I_{\text{в}}$ войдут в физическое описание магнитной и электрической цепи машины благодаря тому, что $i = I_{\text{в}}$, а $I = I_{\text{я}}$. Тогда «физические уравнения» включают в себя и технические параметры: $\oint H dl = \omega \cdot I_{\text{в}}$ и $E = \sum_{i=1}^n I_{\text{я}} \cdot R_{\text{г}}$. Тем самым вскрыва-

ется зависимость их как технических параметров от других физических величин, участвующих в физическом описании объекта.

Однако процедуры получения уравнений, связывающих величины Φ и T , нельзя рассматривать как продолжение естественнонаучного исследования, которое ставит цель найти взаимосвязь величины безотносительно к той вещной форме, которая ее «воспроизводит». Здесь же устанавливается корреляция физических величин с функционированием объекта, а точнее с величинами, описывающими это функционирование, т. е. указывается физическая природа технических характеристик. И постановка задачи, и результат исследования определены техническим использованием устройства и описанием его с технической стороны. Полученные в результате такого исследования взаимосвязи Φ и T (на схеме они представлены как множество $M'' = \{\psi_{\nu}(\Phi, T) = 0; \nu = (1 \dots k)\}$) в научно-техническом описании устройства или технологического процесса выступают как основные, фундаментальные связи.

Множество уравнений M'' , объединяя технические параметры и физические величины, характеризуют объект как целое. Но и физическое содержание устройства, и его технические характеристики могут быть выделены лишь для целесообразной формы процесса, которая всегда существует в виде конкретной вещественной структуры, в виде взаимосвязи ряда вещных элементов, определенным образом сочлененных между собой. Конкретный набор величин Φ и T и их количественные значения зависят от структуры объекта. Изменения в свойствах элементов структуры и способе их сочленения приводят к взаимосвязанному изменению Φ и T .

Необходимо также принять во внимание, что построение технического устройства или технологического процесса предполагает изготовление ряда деталей, соединяемых друг с другом и образующих в результате такого соединения действующий технический объект. Описание последнего, следовательно, должно быть конкретизировано до такой степени, чтобы в него входили характеристики отдельных элементов устройства, их форма, физические свойства и пр. Это означает, что научная характеристика технического объекта включает величины, отражающие структурные элементы устройства и их взаимосвязь, а физические и технические параметры определяются через эти величины.

Новая группа величин вводится из следующих соображений. Непосредственное функциональное назначение отдельных эле-

ментов структуры или группы элементов состоит в том, чтобы воспроизвести ту или иную физическую величину и их взаимосвязь. Всякий элемент или группа элементов выступают как конструктивная материальная форма существования того или иного физического содержания. Поэтому и к элементу конструкции применимы все те рассуждения и оценки, которые относились к устройству в целом. Можно выделить свойства элементов конструкции, обуславливающих существование и количественные пропорции физических параметров. Например, для такого конструктивного элемента, как магнитопровод, величина потока, воспроизводимого в нем, будет зависеть от множества свойств его элементов: размеров, формы, физических свойств материала, величины воздушного зазора, числа витков обмотки и пр.

Таким образом, полная картина физических процессов в устройстве вырисовывается с помощью уравнений, связывающих физические величины со свойствами элементов, воспроизводящих заданную физическую величину. В результате оказывается, что для завершения научного описания объекта необходимо ввести еще одну группу величин, отражающих свойства элементов структуры. Причем важно найти те свойства элементов, от которых зависит существование и количественные пропорции соответствующих физических величин. В совокупность свойств элементов структуры войдут их форма, величина и другие чисто конструктивные параметры, как, например, чистота поверхности, величина зазора и пр. Одновременно эта совокупность содержит и физические свойства материала, из которого изготовлены отдельные элементы (его магнитная проницаемость, электропроводимость, коэффициент преломления и др.). Всю группу свойств, определяющих существование и количественные характеристики физических явлений, можно обозначить общим термином «параметры элементов структуры» либо «конструктивные параметры элементов», поскольку форма, размеры и даже физические свойства элементов есть результат целенаправленной деятельности конструктора и изготовителя.

Группа величин, названных параметрами элементов конструкции, записывается группой уравнений, связанной с физическими величинами. Законы связи устанавливаются преимущественно в рамках естествознания, и при описании технического объекта они принимают свою конкретную форму. Например, величина магнитного потока определяется уравнением $\Phi = \mu HS$. Величина S уточняется через размеры магнитопровода, H — через конструктивные размеры обмотки и величину тока в ней, μ — представляет магнитную проницаемость материала магнитопровода.

Математически группа уравнений, связывающих физические и конструктивные величины, выглядит как множество N , элементами которого являются уравнения $V_s(\Phi, K) = 0$; где $s = 1 \dots l$.

Таким образом, в структуре описания технического объекта мы получили две группы уравнений $\psi_v(\Phi, T) = 0$ и $V_s(\Phi, K) = 0$. Располагая ими, можем вывести еще одну группу уравнений, связывающих технические характеристики объекта как целого с параметрами элементов структуры. Третья группа уравнений получается путем математических преобразований первых двух. Преобразование это состоит в том, что исключаются опосредующие физические величины Φ . Математическую запись последней группы уравнений по аналогии представим так: $N' = \{U_t(T, K) = 0; t = 1 \dots p\}$.

В конечном счете в структуре описания технического устройства находятся три группы величин и три группы взаимосвязей между ними. Эти группы уравнений можно рассматривать как специфические связи, устанавливаемые технической теорией. Существование последних не означает, что математическая запись уравнений технической теории должна связывать всегда только две группы величин. Напротив, в общем случае в математические уравнения теории входят чаще всего величины сразу из всех трех групп. Несомненно, однако, то, что их взаимосвязь может быть «разложена» на три указанных группы уравнений. Математически это достигается тем, что какой-то группе величин приписываются постоянные значения, либо одни величины выражаются через другие путем подстановки. Тогда любое уравнение, записанное в общем виде, преобразуется в любое из трех уравнений, связывающих величины двух соответствующих групп.

Анализ научно-технического описания объекта показывает, что исходным пунктом для его получения является выделение «физических», «структурных» и «технических» величин. Процесс же описания выглядит как математическое преобразование формы записи физических уравнений, отнесенных к заданной структуре, в результате которого в уравнения входят технические параметры и свойства элементов конструкции. Цель состоит в том, чтобы дать причинное объяснение техническому функционированию устройства, его техническим характеристикам и его структуре.

Как видим, техническое знание нетождественно естественно-научному, ибо при построении первого преследуются иные цели и выделяются другие взаимосвязи, что и отражено в структуре описания технического объекта. Причина указанного положения заключается опять-таки в том, что представления о технических характеристиках и конструктивных параметрах не возникают в естественнонаучной познавательной деятельности. Сведения об указанных характеристиках появляются в сфере практической деятельности как описание функционирования объекта в качестве средства целесообразной деятельности. Научно-техническое описание объекта хотя и широко пользуется средствами естественных наук, оно, прежде всего, имеет цель установить

взаимосвязь между техническим функционированием объекта, его структурой и физическим содержанием (структура объекта выражена через параметры элементов конструкции, а физическое содержание — через физические величины и их взаимосвязь).

Поэтому структура научно-технического описания устройства изображается в первом приближении как три типа взаимосвязей между тремя группами параметров, в то время как естественнонаучное описание выступает в виде всеобщей и необходимой связи тех или иных физических величин, имеющей силу закона природы. В свете наших рассуждений специфика научно-технического знания определяется тем, что последнее отражает связь функционирования объекта с его строением, его структурными характеристиками. Это специфическое содержание, выраженное в «чистом» виде в третьей группе уравнений, и составляет в широком смысле предмет технических наук, определяя в дальнейшем все их методологические особенности. Естественное познание позволяет установить связь функциональных особенностей объекта с его строением. Но само по себе естественнонаучное знание выступает не целью, а теоретическим средством технического знания и технической практики.

Указанное положение распространяется на все виды технических объектов: простые орудия труда, машины, технологические процессы и проч. Каждый из них обладает индивидуальной структурой и своими техническими характеристиками. Но это обстоятельство не изменяет сути дела, поскольку при анализе технического знания было принято во внимание всеобщее свойство технических объектов — быть средством целесообразной деятельности. Поэтому всякий предмет или процесс, если он используется как средство деятельности, обнаруживает специфические характеристики, присущие этому конкретному устройству. Тогда становится возможным при его описании выделить указанные нами группы параметров и их взаимосвязей и найти тем самым зависимость его свойства как средства деятельности от свойств физического процесса и элементов структуры, повторяем, будь то машина, технологический процесс или система машин.

Необходимо также отметить, что представленная нами картина научно-технического описания объекта не является исчерпывающей. Стремление к полному описанию технического знания требует выявления и, по возможности, полной интерпретации понятийного аппарата и набора абстрактных изображений объекта, используемого техническими науками. Тем не менее данная здесь структура описания технического объекта отражает специфические особенности технического знания и может стать предпосылкой для последующего более полного его исследования.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
I. Исследование специфики технических наук. Исходные принципы и задачи. <i>О. М. Волосевич</i>	7
II. Особенности возникновения и развития технических наук. <i>Б. И. Иванов, О. М. Волосевич, В. В. Чешев</i>	48
III. Предмет и методы технических наук	112
1. Предмет и задачи технических наук. <i>В. В. Чешев, О. М. Волосевич</i>	—
2. Взаимосвязи, устанавливаемые техническими науками. <i>В. В. Чешев</i>	133
3. Идеальные объекты технических наук. <i>В. В. Чешев</i>	142
4. О методах технических наук. <i>В. И. Кобзарь, В. В. Чешев</i>	147
IV. Технические науки в системе научных знаний	163
1. Технические науки и естествознание. <i>О. М. Волосевич, В. В. Чешев</i>	—
2. Технические и общественные науки. <i>И. Г. Васильев</i>	204
V. Проблема классификации технических наук. <i>О. М. Волосевич, В. И. Кобзарь, В. В. Чешев</i>	225
VI. Основные закономерности развития технических наук. <i>Б. И. Иванов</i>	259
VII. Современный техницизм и технические науки. <i>Ю. Н. Абабков</i>	288
Литература	326

СПЕЦИФИКА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

*Печатается по плану выпуска изданий
Института истории естествознания и техники
АН СССР на 1974 г.*

Научно-вспомогательная работа выполнена
*О. Е. Герасимовой, И. Ф. Кефели
и М. А. Шилковой*

Редактор *О. Н. Киселева*
Технический редактор *Н. А. Иванова*

Сдано в набор 27/XII 1974 г. Подписано
к печати 10/VI 1975 г. Формат 60×90¹/₁₆. Бу-
мага № 1. Усл. печ. л. 21. Тираж 1000 экз.
А-10364. Зак. № 618. Цена 1 р. 80 к.

Ленинградская типография № 8
Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли.
190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.