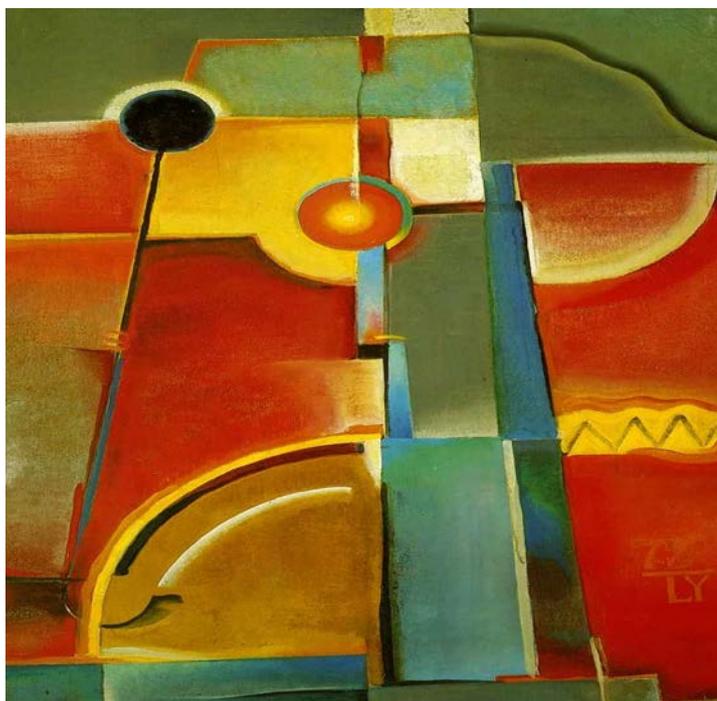


**В.М. Медунецкий**

**К.В. Силаева**

**Методология научных исследований**



Санкт-Петербург

2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**В.М. МЕДУНЕЦКИЙ**

**К.В. СИЛАЕВА**

# **Методология научных исследований**

**Учебное пособие**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

2016

В.М. Медунецкий, К.В. Силаева Методология научных исследований. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 55 с.

В настоящем учебно-методическом пособии раскрываются методологические вопросы научных исследований в технической области. Рассмотрены характерные особенности современных технических наук, а также отражена взаимосвязь технических наук с инженерными исследованиями. Особо уделяется внимание таким основным научным понятиям как теория, метод и методика, рассматриваются основные этапы и методы научных исследований. Кратко изложены определенные закономерности функционирования и развития техники в целом, а также отдельных ее элементов, принципы и методы проектно-технической деятельности, разработки идеализированных моделей технических устройств, вопросы материализации технического знания в реальном производстве. Материал данного учебного пособия адаптирован к существующей научно-практической деятельности в области техники и технологий, что позволяет обучающимся использовать полученные знания при решении конкретных научно-технических задач.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов обучающихся по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение» по магистерским программам «Аддитивные технологии» и «Технологии подготовки приборов и систем». А также предназначено для обучающихся по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» по магистерским программам «Управление жизненным циклом изделий» и «Интегрированные системы проектирования и производства».

Рекомендовано к печати мегафакультетом КТУ - протокол № 8 от 11.10.2016.



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2016

© Медунецкий В.М., Силаева К.В., 2016

## 1. Введение

Общепринято считать, что наука – это сфера профессиональной деятельности, в которой осуществляется разработка и систематизация объективных знаний о действительности. Наряду со знаниями общего характера об объектах, наука формирует знания, в том числе, и о методах, принципах и приёмах научной деятельности.

Методология (греч. μέθοδος — путь исследования или познания, от μέτα- + ὁδός «путь» и от греч. Λόγος – слово, мысль, понятие) в самом общем виде можно представить как совокупность общих мировоззренческих положений и принципов, обуславливающих определённую позицию исследователей, а также научное обоснование методов познания исследуемых явлений и процессов объективной действительности. Другими словами, методологию можно определить в виде системы принципов, методов и правил теоретического и практического построения и организации деятельности в сфере науки. Надо отметить, что и собственно методология также является учением об этой системе. Методологию можно рассматривать по следующим уровням: по гносеологическому уровню; по мировоззренческому уровню; по научно-содержательному уровню и по методическому уровню. Последний уровень представляет особый интерес для научно-технической практики, так как в настоящее время научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы представляют собой комплекс теоретических и экспериментальных исследований, которые проводятся с целью получения обоснованных исходных данных для технических решений и которые должны быть реализованы в новой продукции. В настоящий период развития науки важно освоить основные понятия научно-технической области как общие, так и конкретные, которые приняты в той или иной профессиональной области. Особую значимость приобретают такие понятия как метод, методика, способ и технология.

Для современного этапа развития науки и техники характерно использование результатов фундаментальных исследований для решения прикладных проблем. Фундаментальные технические исследования направлены на получение новых научных знаний и выяснение фундаментальных закономерностей развития и функционирования техники и технологии, на построение технической теории. Различные технические науки исследуют процессы функционирования структурных элементов техники как общей материальной системы, построения, производства и эксплуатации новых конкретных технических объектов. Важно подчеркнуть, что технические науки раскрывают закономерности, принципы и методы реализации технологических процессов.

Прикладные технические исследования, как правило, непосредственно направлены на решение различных практических, технико-технологических, инженерных проблем и задач.

## 2. Методология научного познания

Как было отмечено во введении в самом общем смысле метод - означает путь к чему-либо. Проблема метода была постоянно в центре научной мысли, которая изучает систему предписаний, принципов и требований, ориентирующих субъекта для достижения определенного результата в конкретной сфере деятельности. Именно метод обеспечивает поиск истины и позволяет двигаться к поставленной цели самым коротким путем. Исходя из содержания работ [2-16] можно отметить следующее. Главная функция метода заключается в регулировании познавательной и других форм профессиональной деятельности. Любой метод разрабатывается только из определенной теории, которая для него служит как бы основой. Метод как бы расширяется в определенную систему, с тем, чтобы использоваться для дальнейшего углубления знаний. Он не дается полностью до начала всякого какого-либо исследования, он должен формироваться каждый раз заново в соответствии с качественным своеобразием конкретного предмета. Метод существует и развивается только в исключительно сложной диалектике субъективного и объективного при главенствующей роли последнего. В этом понимании любой метод объективен и содержателен, но он также и субъективен, так как является продолжением и завершением объективности, из которой он образован.

В современной науке используют следующие методы:

Аналитические (физические, математические и т.д.);

Онтологические (то есть учение о бытии как таковом);

Философские, среди которых самыми исходными являются диалектический и метафизический.

Отметим, что диалектика представляет собой учение о наиболее общих законах развития природы, общества и познания.

Целесообразно выделить дисциплинарные методы, которые представляют собой систему приемов, применяемых в какой-либо дисциплине, и входящей в определенную отрасль науки.

Что же касается научных методов теоретического исследования, то среди них выделяются:

- Формализация, представляющая собой отображение содержательного значения в формализованном языке, который создается для точного и краткого выражения мыслей для исключения возможности неоднозначного понимания. Формализация имеет важное значение в уточнении научных понятий.

- Аксиоматический метод представляет собой способ построения определенной научной теории, в основу которой кладутся какие-то исходные положения — аксиомы, по которым уже остальные утверждения данной теории выводятся простым логическим путем, путем доказательства.

- Гипотетико-дедуктивный метод является способом теоретического исследования, суть которого состоит в создании системы дедуктивно

связанных между собой гипотез, из которых в дальнейшем выводятся утверждения об имевших место эмпирических фактах.

Разновидностью данного метода является метод математической гипотезы.

В научном исследовании весьма активно используются и общелогические методы и приемы исследования, среди которых наиболее выделяются :

- Анализ, представляющий собой реальное либо мысленное разделение объекта на составные части, синтез же — наоборот, объединение составных частей в единое.

- Абстрагирование — это процесс отвлечения от каких-то свойств изучаемого явления с одновременным выделением свойств, которые интересуют исследователя.

- Идеализация теснейшим образом связана с абстрагированием и мысленным экспериментом и представляет собой мыслительную процедуру, которая связана с образованием идеализированных объектов, например точка или абсолютно черное тело и т. п.

- Индукция — это движения мысли от опыта, то есть от единичного — к общему — к выводам.

- Дедукция — процесс познания от общего к единичному.

- Аналогия представляет собой установление сходства в каких-то свойствах и отношениях между нетождественными объектами. Посредством выявленного в ходе исследования сходства делается умозаключение по аналогии.

- Моделирование — метод исследования определенных объектов через воспроизведение их характеристик на другом объекте — модели, представляющей собой аналог какого-то фрагмента действительности — оригинала модели. Важной формой моделирования является компьютерное моделирование.

- Системный подход — этот совокупность ряда методологических принципов, основой которых является рассмотрение объектов как систем.

Современная наука характеризуется рядом методологических новаций, к числу которых относятся следующие:

- Изменение характера объекта исследования с усилением роли комплексных программ в их изучении.

- Сближение естественных и социальных наук, то есть методологический плюрализм.

- Повсеместное внедрение во, все частные науки и научные дисциплины идей и методов синергетики — теории самоорганизации, которая ориентируется на поиск законов эволюции различных природных явлений.

- Появление таких понятий в науке, как вероятность, информация, и постоянное взаимодействие с такими категориями, как случайность, возможность, причинность.

- Введение времени во все научные дисциплины, охват в единое целое макро- и микромиров.

- Соединение объективного мира и мира человека. К примеру, этот принцип позволяет рассмотреть Вселенную как сложнейшую систему, важнейшим элементом которой является человек.

- Увеличение уровня абстрактности и сложности формально-абстрактных методов познания.

Можно отметить, что русский философ Василий Васильевич Розанов писал в своей книге "О понимании", созданной сразу после окончания историко-филологического факультета Московского университета, о том, что сутью науки является стремление к пониманию, к чистому познанию. Человек иногда следует не только рациональным аргументам и доказательствам, но и с помощью интуиции и даже озарения и художественного чувства.

Конечно, современная наука разительно изменилась со времен Аристотеля и Галилея. Изменилось отношение к ней как со стороны государства, общества, так и со стороны самих ученых. Наука как бы перестала быть делом только одних ученых. От успешного ее развития в значительной мере зависят благосостояние и культурный рост людей, прогресс человеческой цивилизации. В наше время наука стала одним из важнейших источников государственных доходов, поскольку она самым непосредственным образом участвует в производстве, в создании новых технических средств и технологий, которые в свою очередь меняют среду обитания, повседневный быт людей .

Знание постепенно расширялось и расширяется. В настоящее время оно охватывает сотни научных направлений. И хотя человек очень много узнал об окружающем его мире и о самом себе, но на большинство важных вопросов ответа пока нет. Самым трудным оказалось познание человеком самого себя. Выяснилось, что строение человека, его физиология трудно поддаются изучению, хотя кое-что здесь еще можно понять. Но особенно трудно изучить внутренний мир человека. Ведь каждый индивидуум - это, как принято говорить, свой собственный уникальный, неповторимый мир. Разные люди в одной и той же ситуации, в одно и то же время по-разному воспринимают окружающее, по-разному оценивают целесообразность тех или иных своих действий в сложившихся условиях, по-разному относятся к мотивам поведения других людей .

Следует отметить, что при исследовании явлений недопустимо как сведение к природному, то есть попытки объяснить общественные процессы только исключительно законами естествознания, так и противопоставление природного, социального и технического.

### 3. Методологические особенности современной науки

К методологическим особенностям современной науки следует отнести дифференциацию, интеграцию, системный подход, синергетическую парадигму и эволюционизм.

#### *Дифференциация и интеграция.*

С точки зрения организации и формы в современной науке происходят процессы дифференциации и интеграции. Дифференциация научного знания связана с возникновением науки в XVII-XVIII вв., появлением новых научных дисциплин со своим предметом и специфическими средствами познания (как известно, в античной философии не сложилось разграничения между отдельными областями исследования, не существовало отдельных научных дисциплин, за исключением математики и астрономии).

Первыми, оформившимися в научные дисциплины, были небесная и земная механика, наряду с математикой и астрономией. В дальнейшем процесс дифференциации научного знания углублялся и расширялся с появлением новых научных дисциплин, таких как химия, геология, биология и др. Сформировался образ науки как дисциплинарно организованного знания. Дисциплинарный подход, ориентирует на изучение специфических, частных закономерностей и явлений.

Дифференциация наук в огромной степени способствовала (и способствует) возрастанию глубины и точности научного знания. Однако, уже к концу XIX – началу XX вв. в связи с новыми открытиями в области физики, астрономии, химии, биологии, медицины становится очевидным факт, согласно которому дисциплинарный подход носит ограниченный характер и он не был способен объяснить наиболее общие закономерности, управляющие явлениями, не способен открывать фундаментальные законы, раскрывающие взаимосвязи между разными группами и классами явлений или целых областей природы. Кроме того, процесс дифференциации все в большей степени «загонял» ученых в узкие рамки отдельных областей явлений и процессов, ослабляя взаимопонимание и сотрудничество между ними, без чего невозможно движение в наука.

В связи с обозначенными моментами назрела другая тенденция – *интеграция*, позволяющая изучать сразу многие процессы и явления с единой, общей точки зрения. Кроме того, в процессе интеграции становится возможным использование методов одной науки в другой, в результате чего возникли такие междисциплинарные науки, как астрофизика, биофизика, биохимия, геохимия и т.д. В настоящее время процесс интеграции в науке усиливается, появляются все новые синтетические науки, позволяющие рассматривать объекты и явления в их глубинных взаимосвязях и, одновременно, с точки зрения общих закономерностей и тенденций [8].

### ***Системный подход.***

Процесс дифференциации и интеграции в современной науке дополняется системным подходом, при котором предметы и явления окружающего нас мира рассматриваются как части и элементы единого целого, взаимодействующие друг с другом и приводящие к появлению новых свойств системы, отсутствующих у отдельных ее элементов.

Системный подход, возникший сравнительно недавно (50-е гг. XX в.), распространился не только на естественные, но и на социально-гуманитарные науки. Главное достоинство системного принципа заключается в том, что мир в нем предстает как многообразие систем разнообразного конкретного содержания, объединенных в рамки единого целого.

Таким образом, современная наука опирается на такие подходы и методы исследовательской деятельности, как интегративный, междисциплинарный, комплексный и системный. К их числу относится и эволюционный подход, который в современной науке приобрел статус глобального эволюционизма..

### ***Синергетическая парадигма.***

В числе междисциплинарных исследовательских направлений сегодня важное место занимает синергетика.

Термин «синергетика» (от греч. συν- приставка со значением совместности и ἔργον «деятельность») ввел в научный обиход немецкий физик-теоретик Г.Хакен. В работе «Синергетика» он поясняет, что назвал так новую дисциплину потому, что хотел указать на то, что для исследования процессов самоорганизации в сложных системах необходимо кооперирование многих дисциплин [2].

Что такое сложные системы? К ним относятся, к примеру, системы живой природы, некоторые социальные и гуманитарные системы. Их отличительными особенностями являются динамичность и перестройка структурных и организационных форм. Поэтому их определяют как самоорганизующиеся системы.

Самоорганизация предполагает изменение прежней организации, порядка или структуры и появление нового на основе взаимодействия элементов системы с внешней средой [7]. Главный вопрос, на который призвана ответить синергетика, заключается в следующем: как, каким образом возникают устойчивость и порядок в таких системах, если по своей сути они неустойчивы, динамичны?

Синергетическая концепция (теория) нашла широкое применение не только в естественных и гуманитарных науках, она позволяет дать ответы на глобальные общенаучные и мировоззренческие вопросы. Состоит ли окружающий нас мир из разнообразных по содержанию и форме самоорганизующихся систем? Как возникла живая природа – как результат стихийно сложившихся условий, обстоятельств и факторов, как об этом говорит классическая биология, или она – результат процесса

самоорганизации, начавшегося в неживой природе? Как организация и самоорганизация проявляют себя в обществе? [12].

Главное отличие синергетической парадигмы от традиционной стратегии изучения сложных систем заключается в следующем. В традиционном подходе объяснение процессов, происходящих в сложных системах, осуществлялось на основе редукции – сведения их к поведению простых элементов в микромире (мире ненаблюдаемых объектов – атомов, микрочастиц и пр.). Синергетика, напротив, стремится установить связь и взаимодействие между микро- и макропроцессами (наблюдаемыми), не рассматривая свойства ненаблюдаемых объектов. Изменения же, происходящие в макромире, синергетика объясняет как результат взаимодействия огромного числа элементов и частиц системы на ненаблюдаемом уровне. Основная идея синергетики: сложные системы изменяются в результате изменений, происходящих на микроуровне, они недоступны непосредственному наблюдению, но доступен наблюдению их совокупный результат, который описывается управляющими параметрами системы.

В традиционном смысле понятие «сложность» понималось как многоуровневость, иерархичность, в синергетической парадигме – как динамичность, как то, что имеет потенциал самоорганизации. В традиционной доминанте «система» понималась как «равновесность», «устойчивость», в синергетической – как неустойчивость состояний, частей системы. «Случайное» в синергетической парадигме определяется как общее правило (а не как исключение), а «неравновесность» - как условие и источник порядка

Синергетическая парадигма позволила разрешить главное противоречие, существующее между неживой и живой природой, между микро- и макроуровнем, основанное на противопоставлении классической термодинамики и эволюционного учения Ч.Дарвина. Она доказала (экспериментально и теоретически), что при наличии определенных условий самоорганизация может происходить уже в простейших физико-химических и других системах неорганической природы [6].

Синергетическая парадигма показывает, что не только причина вызывает и порождает действие (как это утверждалось в традиционном понимании линейной причинности), но и действие может оказывать влияние на породившую его причину (или причины). Поведение компонентов системы подчиняется и управляется параметрами порядка, в то же время сами параметры порядка возникают в результате взаимодействия компонентов системы. А это указывает на цикличность причинности, учитывающую факт обратного влияния действия на породившую его причину [3].

Какое значение имеют эти открытия для практической жизни и деятельности человека и человечества?

1. Зная, как устроено сложное в мире, по каким законам оно функционирует, становится возможным вписывать свои действия в универсальные цепи самоорганизации.
2. Синергетическая парадигма позволяет рассматривать окружающий человека мир не как оппозицию «субъект – мир», а как сосуществование человека вместе с миром и внутри, поскольку сам человек – самоорганизующаяся система. Если человек не внеположен миру, а находится внутри него, он обязан уважительно и с осторожностью к нему относиться, поскольку мир непредсказуем и человек зачастую бессилён прогнозировать и контролировать его. Человек в этом мире вовлечен в иерархию ситуаций, а потому он всегда живет в ситуации выбора вариантов поведения, ответственен за свои поступки.

### *Эволюционизм.*

Идеи эволюции возникли в науке приблизительно в XVIII-XIX вв. (Это гипотеза Канта-Лапласа о возникновении Солнечной системы из туманности, теория геологической эволюции Ч.Лайеля, наконец, эволюционная теория Ч.Дарвина в биологии). Данные идеи на сегодняшний день приобрели в науке XX – XXI вв. характер глобальной эволюции Вселенной. Во многом этому способствовал и системный подход, и принципы самоорганизации открытых систем.

Исследованием космической эволюции занимается новая наука – космология, представляющая синтез астрономии, физики, геометрии и др.

Основные этапы ее становления следующие. Первоначально она возникла на базе теории относительности (поэтому ее называли релятивистской), и основное внимание в ней уделялось геометрии Вселенной (кривизне четырехмерного пространства) [9].

Как результат была обоснована идея космической эволюции, согласно которой она – начало всех процессов и форм развития материальных систем во Вселенной. Идея космической эволюции Вселенной указывает на тот факт, что процесс ее образования проходит определенные этапы: от образования атомов и молекул (микроэволюция) до возникновения макротел и их систем, образования галактик (макроэволюция).

Таким образом, сегодня мы можем говорить о глобальном, или универсальном, эволюционизме, что позволяет рассматривать эволюции взаимосвязанных систем различного уровня. Само понятие эволюции также претерпело изменения по сравнению с XIX веком: универсальная эволюция понимается сегодня как синтез системного и эволюционного подходов, что позволяет анализировать не только эволюцию отдельных систем (как в биологии), а исследовать взаимосвязь и взаимодействие множества развивающихся систем – от простейших, физических, состоящих из элементарных частиц, до более сложных как по уровню организации, так и по типу взаимодействия между их элементами [5]. На основе такого (системного) подхода научная картина мира сегодня предстает как

целостный процесс перехода от микроэволюции, связанный с образованием сложных микрообъектов, к макроэволюции, а от нее – к биологической эволюции. Этими процессами и объясняется все многообразие вещей и явлений, происходящих в окружающем нас мире [1].

Системный подход к глобальной эволюции дополняется синергетическим принципом, объясняющим переход от одних систем и структур к другим посредством процесса самоорганизации [4]. Синергетика разрушила представление о стационарном характере Вселенной, позволила идею эволюции в биологии перенести на объекты физического мира, устранив тем самым противоречие между классической физикой и эволюционной теорией в биологии. Основные принципы синергетики как науки о взаимодействии и самоорганизации сложных систем позволяют объяснить возникновение порядка из беспорядка, понять закономерность как результат взаимодействия множества случайностей и тем самым проливают свет на многие процессы, происходящие в сложных по своей природе живых и социальных системах и процесса.

#### **4. Характерные особенности развития и черты современной науки**

В области естествознания в качестве основной структуры познания выступает анализ исследования его предмета и выражение элементарных объектов в абстрактном виде, после чего следует логический синтез в виде теоретической модели.

Особенности развития современной науки проявляются в фундаментальных чертах науки. Структура научной деятельности имеет одну важную особенность - это *разделенность*, которая делит науку на несколько обособленных дисциплин. Именно это позволяет изучать отдельные фрагменты реальности более детально. Однако, в данном случае, теряются из виду многие взаимосвязи, а, как известно, в природе все взаимообусловлено и взаимосвязано между собой. В настоящее время подобная разобщенность становится преградой при необходимости проведения интегративных комплексных исследований.

Не менее важной фундаментальной чертой науки выступает и *стремление абстрагироваться от самого человека*. Данная особенность делает ее менее ответственной за все возникающие экологические трудности и не соответствующей реальности, поскольку в качестве основного фактора изменений действительности выступает человек. Также стоит отметить и тот факт, что техника и наука всего лишь угнетают социум.

Особенности современной науки привели к проявлению двусмысленности. С одной стороны, она представляет собой наиболее полную объективную информацию об окружающем мире. Но, с другой стороны, она же и уничтожает ее в процессе проведения исследований или экспериментов, основанных на научных данных. Особенности развития современной науки заключаются в надежде сделать каждого человека

значительно счастливее и дать понять истину. Поскольку наука занимается не только изучением мира, но и выступает в качестве фактора, процесса и результата революции, то она обязана находиться с развитием мира в полной гармонии. Таким образом, в результате развития научных знаний образуется контур, обеспечивающий обратную связь между всеми жизненными сторонами и наукой. Расширение науки сопровождается ростом упорядоченности и интеграции, что, собственно, и является становлением науки на более высокий уровень гармоничной целостной системы [2].

К началу Новейшего времени технические науки, основанные на практике, приобрели качество подлинной науки, признаками которой являются систематическая организация знаний, опора на эксперимент и построение математизированных теорий. Технические науки составили сложную иерархическую систему знаний — от весьма систематических наук до собрания правил в инженерных руководствах; в их рамках появились также особые фундаментальные исследования.

В результате глубокого анализа технических наук выявилось три подхода к определению их сущности:

- 1) отождествление технических наук с прикладным естествознанием;
- 2) рассмотрение естественных и технических наук как равноправных научных дисциплин;
- 3) выделение в технических науках как фундаментальных, так и прикладных исследований.

Сегодня большинство учёных придерживаются позиции, согласно которой технические науки рассматриваются в качестве относительно самостоятельной отрасли научного производства, равноправной области науки. Технические науки — часть науки, и хотя они не должны далеко отрываться от технической практики, но не совпадают с последней. Научно-техническая дисциплина обслуживает технику, но является, прежде всего, наукой, т.е. направлена на получение объективного, поддающегося социальной трансляции знания.

Наиболее тесно технические науки связаны с естествознанием. Технические и естественные науки имеют одну и ту же предметную область инструментально измеримых явлений, однако проводят исследование различным образом.

Технические явления в экспериментальном естествознании играют решающую роль, а большинство физических экспериментов является искусственно созданными ситуациями. Объекты технических наук также представляют собой своеобразный синтез "естественного" и "искусственного". Искусственность объектов технических наук заключается в том, что они являются продуктами сознательной целенаправленной человеческой деятельности. Их естественность обнаруживается прежде всего в том, что все искусственные объекты в конечном счете создаются из естественного (природного) материала. Естественнонаучные эксперименты

являются артефактами, а технические процессы — фактически видоизмененными природными процессами.

Таким образом, естественные и технические науки — равноправные партнеры. Они тесно связаны как в генетическом аспекте, так и в процессах своего функционирования. Именно из естественных наук в технические были транслированы первые исходные теоретические положения, способы представления объектов исследования и проектирования, основные понятия, а также был заимствован идеал научности, установка на теоретическую организацию научно-технических знаний, на построение идеальных моделей, математизацию. В то же время нельзя не видеть, что в технических науках все заимствованные из естествознания элементы претерпели существенную трансформацию, в результате чего и возник новый тип организации теоретического знания. Кроме того, технические науки со своей стороны в значительной степени стимулируют развитие естественных наук, оказывая на них обратное воздействие.

Вместе с тем технические науки отличаются от естественных. Если естествознание исследует объективную реальность, т.е. то, что существует на самом деле, изучает природу, ее явления, процессы и закономерности, то технические науки нацелены на то, чего нет в природе, на создание "второй природы", мира артефактов, технико-технологических оснований цивилизации. Если для естественных наук идеалом являются научная истина и открытия, то для технических наук — не просто истинное знание, но эффективное техническое знание в контексте инженерной практики и инженерных разработок, а также конструирование и изобретение.

В отечественной философии науки и техники характерными чертами научно-технического знания принято считать следующие:

- конструктивность, т.е. искусственный характер объекта и его функционирования;
- синтетичность, т.е. собирательность, соединение знаний о создании, функционировании, эксплуатации и т.д.;
- целостность, системность, т.е. сложный характер структуры, многоуровневость, связь с естественнонаучным и социально-гуманитарным знанием;
- конкретность и описательность;
- наглядность;
- наличие оценки последствий применения (в том числе социальных).

Главная специфическая особенность технических наук обусловлена принципиальным отличием технических и технологических закономерностей от природных, являющихся предметом изучения естествознания. Тот факт, что в основе функционирования технологий лежат законы, вскрываемые естествознанием, отнюдь не свидетельствует о том, что эти законы в обобщенной, абстрактной, естественнонаучной форме могут служить достаточной базой для создания, описания, исследования искусственных технологических объектов. Технические объекты — это реальные объекты,

которые создаются для выполнения определенных целесообразных функций. Техника, будучи объектом творчества, не является простой реализацией естественнонаучных знаний: она имеет свои специфические законы развития, которые также выступают основой технического творчества. Более того, законы, вскрытые естествознанием, служат лишь исходной основой для технической творческой деятельности. Действие общих естественнонаучных законов проявляется в специфической форме, связанной с тем, что реальные условия их функционирования накладывают массу ограничений конструкторского, технологического, экономического, эстетического плана. Технические закономерности отражают специфическую форму проявления природных законов, обусловленную устойчивым, целенаправленным, искусственно организованным взаимодействием природных процессов, позволяющим использовать силы природы в "пригодной к применению форме".

Специфика познавательной деятельности, осуществляемой в процессе создания технологических объектов, определяется тем, что она направлена на исследование структурно-функциональных зависимостей и формирование (конструирование) на их основе структур, выполняющих заданные функции. Поэтому, чтобы материализоваться в технических объектах, естественнонаучные законы должны быть трансформированы в технические законы.

Развитие естественных наук — необходимое, но не достаточное условие для создания новых технологий. Именно поэтому, для того чтобы ставить и успешно решать современные технологические задачи, необходимым предварительным условием является изучение не только процессов природы и открытие законов, но и изучение всевозможных условий действия самих этих законов.

Из естественных наук в технические были распространены первые исходные теоретические положения, способы, методы исследования и проектирования, принципы, ценности и идеалы научности, установка на теоретическую организацию знания, построение идеальных моделей, использование формализации и математики.

И все же не совсем корректно распространенное утверждение о том, что основой технических наук является лишь точное естествознание. Это утверждение может быть признано справедливым только по отношению к исторически первым техническим наукам. В настоящее время научно-технические дисциплины представляют собой широкий спектр различных дисциплин — от самых абстрактных до весьма специализированных, которые ориентируются на использование знаний не только естественных наук (физики, химии, биологии и т.д.), но и социально-гуманитарных (например, экономики, социологии, психологии). Каждая из этих дисциплин имеет свой предмет исследования, т.е. конкретный аспект, отдельные стороны названного выше объекта познания, которые специально выделяются и конструируются исследователем исходя из своих целей и

задач. Относительно некоторых научно-технических дисциплин вообще трудно сказать, принадлежат ли они к чисто техническим наукам или представляют какое-то новое, более сложное единство науки и техники. Существуют такие, к примеру, дисциплины, как инженерная психология, техническая эстетика, в которых имеет место синтез технического, естественнонаучного и социально-гуманитарного знания.

Анализ литературы показывает, что общепринятой трактовки объекта и структуры технических наук пока нет. Тем не менее можно выделить основные подходы в решении указанных вопросов.

По-видимому, объект технических наук — это техника, технология, техническая, инженерная деятельность и практика, определенные закономерности функционирования и развития техники в целом, а также отдельных ее элементов, принципы, способы и методы проектно-технической деятельности, разработки идеальных моделей технических устройств, материализации и "овеществления" технического знания прежде всего в материальном производстве, а затем и в других сферах.

Принято выделять три большие группы технических наук:

- 1) науки, изучающие технические свойства материалов;
- 2) науки, изучающие технологические способы производства, т.е. технологические науки;
- 3) науки об устройствах.

Внутри каждой из этих больших групп технических наук выделяют общие и специальные технические науки. Применительно, например, к техническим наукам об устройствах к общим наукам относятся науки о процессах (техническая термодинамика, гидравлика и др.). Специальные же технические науки возникают на пересечении общих наук о процессах и наук о структурно-функциональных свойствах.

Различные технические науки исследуют процессы функционирования структурных элементов техники как общественной материальной системы, построения, производства и эксплуатации новых технических объектов внутриотраслевого, отраслевого и межотраслевого назначений. Отсюда — разная степень их общности и фундаментальности. Технические науки раскрывают закономерности, принципы и методы реализации всех отмеченных процессов, поэтому, как и многие другие, имеют свои фундаментальные и прикладные области.

Фундаментальные технические исследования направлены на получение новых научных знаний и выяснение фундаментальных закономерностей развития и функционирования техники и технологии, на построение технической теории. Их результаты адресованы главным образом другим членам научного сообщества.

Прикладные технические исследования непосредственно направлены на решение различных практических, технико-технологических, инженерных проблем и задач. Их результаты адресованы производителям и заказчикам, клиентам.

Для современного этапа развития науки и техники характерно использование результатов фундаментальных исследований для решения прикладных проблем. Тот факт, что исследование является фундаментальным, еще не означает, что его результаты неутилитарны. Работа же, направленная на прикладные цели, может быть весьма фундаментальной. Критериями их разделения являются в основном временной фактор и степень общности. Вполне правомерно сегодня говорить и о фундаментальном промышленном исследовании.

## **5. Техническая наука как новая форма современной научно-технической деятельности**

Появление технических наук, как подчеркивается в многочисленных исследованиях в этой области, было обусловлено развитием машинного производства и требовавшимся для него формированием специалистов – носителей научно-технического образования, т. е. инженеров, а также необходимостью усиления их теоретической подготовки. И именно технические науки становятся важным связующим звеном между теоретическим естественно- научным знанием, инженерной деятельностью и производством. Как показали проведенные исследования, исходным звеном этой цепи являются фундаментальные знания, которые закладывают теоретические основы принципиально новых видов техники и технологии и поэтому при сосредоточении внимания на технологическом приложении науки было бы большой ошибкой недооценивать необходимость развития фундаментальных исследований, даже если это продиктовано соображениями практической целесообразности и экономии затрат на науку. В конечном счете такая недооценка ведет к подрыву самих основ продуктивного использования науки в интересах ускорения научно-технического прогресса. Методологические исследования технических наук и проектирования как в нашей стране, так и в Германии убедительно показали, что следует говорить о широком развитии теоретических исследований не только в естественных, но и в технических науках, а также о возрастании роли фундаментальных, теоретических исследований с точки зрения потребностей ускорения научно-технического прогресса. Без них никакое серьезное продвижение вперед в практической сфере просто невозможно. Это поднимает значимость и соответствующих методологических исследований теоретического знания, прежде всего в технических науках. Именно через такого рода методологические исследования возможно обогащение философской науки, осмысление ее проблем, возникающих на передовых рубежах научно-технического прогресса, ее действительное влияние на инженерное и научное мышление представителей различных областей науки и техники, на нормы организации современного научно-технического знания и в конечном счете научно-техническую стратегию и политику государства. Этой проблематике были посвящены работы как советских, так и западногерманских философов

техники. Однако рассматривались в основном внешние по отношению к техническим наукам процессы технизации естествознания и сциентификации техники. Для современной науки вообще характерно «ответвление в специальные технические теории» за счет построения специальных моделей, а именно формулировки теорий технических структур и общих научных теорий, причем многие научные теории возникали первоначально как теории научных инструментов. Важным результатом этого обсуждения была констатация того, что технические и естественные науки рядоположны, поскольку они занимают одну и ту же предметную область инструментально-измеримых явлений: большинство физических экспериментов является искусственными, а технические науки – это часть науки и хотя они не должны далеко отрываться от технической практики и обслуживают технику, «но являются прежде всего наукой, т. е. направлены на объективное и поддающееся передаче знание» и могут быть рассмотрены как академические дисциплины. Цель физики – изолировать теоретически предсказанное явление, чтобы получить его в чистом виде, именно поэтому физические науки могут применяться в инженерной практике, а технические устройства возможно использовать в экспериментальной физике. Анализировались в основном связи, а также сходства и различия физической и классической технической теории, однако, во второй половине XX в. возникло множество абстрактных технических теорий, которые основываются не только на физике, а являются по самой своей сути междисциплинарными и системными [2].

## **6. Этапы становления технических наук**

### ***Взаимосвязь науки и техники***

В отличие от фундаментальных наук, технические науки имеют исключительно прикладное, практическое назначение. Практическая направленность научно-технических исследований противопоставляет их фундаментальной науке. Между прикладными исследованиями и фундаментальной наукой существует неразрывная связь: с одной стороны, результаты фундаментальных исследований являются теоретической основой для проведения прикладных исследований, а с другой стороны, результаты научно-технической деятельности предоставляют свидетельства, которые могут подтверждать или опровергать научные теории, сформулированные учеными-теоретиками.

Технические науки оперируют преимущественно понятием процедура (от лат. *processus*-продвижение), то есть взаимосвязанная последовательность действий, направленных на достижение поставленных задач в заданных граничных условиях. Именно прикладная направленность технических наук привела к созданию первых тепловых двигателей, летательных и далее космических аппаратов, сложнейших технических объектов.

Фундаментальные естественные науки оперируют, в основном, понятием процесс (от лат. *procedo* - последовательных смен состояний объектов во времени), то есть изучение базовых законов природы, при этом невозможно заранее задать конечную цель исследования, оценить результаты, необходимые сроки и затраты. Однако, в результате может быть получена совершенно новая, недоступная по уровню технических наук технология. К примеру, лазерные технологии в современном мире приобрели существенную роль – от светодиодов до технологий оптических носителей информации и военного назначения.

Тем не менее, именно технические науки в составе иных прикладных наук играют основную роль в развитии технологий. В основе техники лежит использование законов природы. Вся история техники раскрывает диалектическое взаимодействие техники и естествознания. Решая тот или иной технический вопрос на основе уже открытых законов природы, человек вместе с тем открывает новые свойства вещей и тем двигает вперед естествознание. Хотя технические науки появились и начали развиваться сравнительно недавно, в начале XIX века, а сама техника появилась значительно раньше.

На современном этапе развитие техники на основе широкого использования научных знаний - главное условие научно-технического прогресса. Если в прошлом техника в основном представляла собой аккумулированные в средствах труда, преимущественно эмпирические знания и опыт, то ныне в ней всё в большей мере материализуются научные знания.

В современный период важнейшие достижения техники – следствие фундаментальных научных открытий. Чисто эмпирическим путём уже невозможно создавать технические средства, подобные ядерным реакторам, лазерам, компьютерам и так далее; предварительным условием их создания является глубокое изучение и познание физических, химических и иных явлений и процессов, лежащих в основе принципа их действия. Потребности современного производства требуют предварительного изучения этих явлений, их теоретического анализа и обобщения, умения прогнозировать их особенности в иных, ещё не изученных ситуациях. Таким образом, неперенное условие развития техники и, следовательно, материального производства - обеспечение опережающего развития науки по отношению к технике, практике. В то же время именно производство, его потребности и запросы оказывают решающее воздействие на развитие науки. Технический уровень производства обуславливает степень использования науки, определяет готовность технической базы производства к реализации новых научных идей. Вместе с тем материально-техническая база производства создаёт также материальную базу самих научных исследований, оказывает решающее влияние на качественный уровень научных экспериментов, на степень «индустриализации» науки.

Современная наука оснащается сложнейшими техническими устройствами и сооружениями — исследовательскими реакторами, установками для изучения термоядерного синтеза, андронными коллайдерами, мощными радиотелескопами и т.д.

Интенсивное развитие науки и техники, их взаимосвязь и взаимодействие, превращение науки в непосредственную производительную силу составляет одну из важнейших сторон современной научно-технической революции. На базе научных достижений и открытий происходят качественные изменения во всех отраслях современной техники. В корне преобразуются технические средства, системы, устройства, технологические методы производства. В современном производстве произошел переход от механизации отдельных процессов труда к комплексной механизации, автоматизации всего производства, к широкому использованию автоматизированных систем управления, промышленной робототехники. В ходе научно-технического прогресса произошла сплошная электрификация производства. Механические методы обработки материалов во многих случаях заменяются или дополняются более совершенными, использующими новейшие достижения физики и химии (ультразвуковая, высокочастотная, электроэрозионная, лазерная и др. виды обработки). Развитие биотехнологий позволяет эффективно применять для решения инженерных задач биологические методы, использовать в различных областях техники опыт живой природы. Биотехнология позволяет реализовать биологические методы получения многих продуктов и веществ.

Прогресс химической науки и технологии даёт возможность рационально изменять свойства природных материалов, создавать широкую гамму синтетических материалов, ускорять технологические процессы и на этой основе повышать производительность и улучшать качество промышленной продукции. Интенсивное развитие естественных и технических наук обуславливает активное познание человеком законов микромира, расширяет сферу деятельности человека, обеспечивая возможность его выхода в космос и практическое использования космической техники в интересах общества.

Прогресс космических исследований - пример плодотворного взаимодействия науки и техники, их взаимообогащения в процессе совместного развития. Создание и совершенствование космических технологий явилось стимулом прогресса не только в области технических наук и связанных с ними отраслей производства (особенно радиоэлектроники, автоматики, точного приборостроения, материаловедения и др.), но также и в области естественных и общественных наук, где появились совершенно новые направления: космическая физика, биология, медицина, психология, право и т. д. Точно так же развитие информационной и вычислительной техники вовлекло в изучение процессов связи и управления большой комплекс наук, выдвинуло ряд общенаучных проблем (проблемы передачи информации, взаимодействия человека и машины и др.).

Взаимодействие науки и техники – важнейшее условие осуществления не только научно-технического прогресса, но и общественного развития в целом [1].

### ***Развитие технических наук***

Завершение процесса приобретения техническими знаниями научного характера стало возможным благодаря разрушению границ теории и практики вследствие становления классического естествознания и первых научных революции. В своем единстве процессы теоретизации, дифференциации и интеграции технических наук способствовали их превращению в особую, равноправную область научных знаний со сложной горизонтальной и вертикальной структурой, имеющую при этом открытые границы.

Как отмечено в работе [2] - прежнее "парадигмальное отставание" научно-технического знания от глобальных научных революций, его "наверстывающий" характер постепенно сменяется опережением, превращением техники в главнейший фактор развития естественных, логико-математических и социально-гуманитарных наук. В целом постоянное ускорение темпов прогресса научно-технических знаний и технологий является проявлением универсального закона ускорения социально-исторического времени.

### **Развитие технических наук в Новое время**

В Новое время происходит постепенное становление классического научно-технического знания. В XVII—XIX вв. наука становится доминирующей формой постижения бытия. Распространяется вера в безграничные возможности науки, и эта вера все более укрепляется благодаря нарастающему потоку выдающихся технических достижений.

Философия начала Нового времени усилиями Г. Галилея, Т. Гоббса, Р. Декарта, Б. Спинозы, сформулировала новые познавательные методологические принципы, повлиявшие на определение критериев научности и прогресс в том числе технического знания: квантитативизм (метод количественного сопоставления по формуле: "познать — значит измерить"), причинно-следственный автоматизм и динамизм (признание за всеми явлениями действия однозначных, математически выраженных законов, исключение случайности), сумматизм (ориентация на сведение сложного к простому, рассмотрение всего как агрегата элементарных частей), механицизм (сведение к механике понимания всего мироустройства), экспериментальность (превращение эксперимента, как технического, так и мысленного, из иллюстрации знания в главный метод познания, проверка им даже общепринятых воззрений).

Технические науки — это система теоретического знания, направленного на изучение и разработку идеальных моделей искусственных материальных средств целесообразной деятельности людей. В становлении и развитии технических наук в Новое время можно выделить несколько этапов.

**I этап (XVII - середина XVIII в.)** - время первой собственно научной революции, которая знаменуется становлением экспериментального метода и математизацией естествознания как приложения научных результатов в технике. К концу этого этапа, благодаря в первую очередь И. Ньютону, сформировалась первая — механистическая — научная картина мира. В этих условиях техника выступает как объект исследования естествознания, поскольку становление экспериментальной науки требует создания инструментов и измерительных приборов.

Решению этой проблемы была подчинена значительная часть деятельности ученых-экспериментаторов. Так, Г. Галилей, И. Кеплер, Х. Гюйгенс и др. предлагали все более совершенную конструкцию зрительной трубы. Э. Торичелли создал ртутный термометр и дал научное объяснение его действию. О. (фон Герике изобрел воздушный насос, Р. Бойль — барометр, а ассистент Бойля Р. Гук — микроскоп. В теоретической части научно-технического знания усилиями Л. Эйлера, Ж. Б. Даламбера были разработаны физико-математические основы технической механики, в частности механики жидкостей и газов, пневматики. Труды С. Стевина, Б. Паскаля и др. формируются гидростатика как раздел гидромеханики.

В рассматриваемый период стали появляться первые специализированные технические учебные заведения, главным образом военно-инженерные и горные. В начале XVIII в. подготовка военных инженеров (артиллеристов и строителей) была наиболее широко представлена во Франции. В России в основанных в 1700—1701 гг. инженерной школе, а также в школе математических и навигацких наук преподавались прикладные дисциплины. Специалистов по горнозаводскому делу подготавливали в специальных школах при заводах. В 1715 г. открылась Петербургская морская академия.

**II этап (вторая половина XVIII - середина XIX в.)** – характеризуется формированием научно-технических знаний на основе использования в инженерной практике знаний естественных наук и, во-вторых, появлением первых технических наук. Этот качественный скачок неразрывно связан с развитием крупного капиталистического производства и так называемым промышленным переворотом.

Исходным пунктом перехода от мануфактурного производства к машинному явилось изобретение и применение рабочих машин как части технического устройства, которая непосредственно воздействует на предмет труда и целесообразно изменяет его форму. Другими частями машины являются двигатель и передаточный механизм.

Первоначально рабочие машины появились в текстильном производстве. Затем энергетический кризис в горном деле и металлургии стимулировал изобретение универсального теплового двигателя. Окончательной стадией уже в XIX веке стала революция в машиностроении, связанная с изобретением суппорта.

Промышленный подъём привел к появлению новых видов производств и стимулировал целый ряд технических изобретений. В первую половину XIX века они изменили всю систему общественных отношений (железнодорожные локомотивы, пароходы, сельскохозяйственные машины, электрические телеграфы, фотоаппараты). Были заложены основы электромеханики (Дж. Генри, Б.С. Якоби и др.).

В этих условиях возникла потребность в тиражировании и модификации изобретенных инженерных устройств. Резко возрос объем расчетов и конструирования, в силу чего все чаще инженер имел дело не только с разработкой принципиально нового инженерного объекта, но и с созданием сходного (модифицированного) изделия (например, машины того же класса, но с другими характеристиками, иной мощностью, скоростью, габаритами, конструкцией).

Разработка однородных инженерных объектов позволяла сводить одни случаи к другим. В результате начали выделяться и описываться определенные группы естественнонаучных знаний и схем инженерных объектов. Фактически, это были первые знания и объекты технических наук, но существующие пока еще не в собственной форме. С этим процессом были связаны два других: онтологизация и математизация. Онтологизация - это поэтапный процесс схематизации инженерных устройств, в ходе которого эти объекты разбиваются на отдельные части и каждая замещается "идеализированным представлением" (схемой, моделью). Подобные идеализированные представления вводились для того, чтобы к инженерному объекту можно было применить как математические знания, так и естественнонаучные.

Замещение инженерного объекта математическими моделями требовалось и само по себе как необходимое условие изобретения, конструирования и расчета, и как стадия построения нужных для этих процедур идеальных объектов естественной науки. Если на первой стадии используются отдельные математические знания или фрагменты математических теорий, то в дальнейшем технические науки переходят к применению целых математических аппаратов. Процессы сведения, идеализации и математизации привели к формированию первых идеальных объектов технических наук (схема колебательного контура, кинематического звена, теория идеальной паровой машины и др.).

В рассматриваемый период создается научный фундамент теплотехники, зарождается электротехника, закладываются аналитические основы механических наук.

**III этап (последняя треть XIX - начало XX в.)** - время завершения перехода от простой передачи накопленных предыдущими поколениями технических знаний и навыков к развитию науки через систему профессиональной деятельности и образования, основой которых явилась механистическая картина мира. Этап характеризуется дисциплинарным оформлением технических наук и построением ряда фундаментальных технических теории.

В это период был реализован наиболее важный для развития техники переход от центрального парового двигателя к более экономичным, безопасным и менее габаритным. Это создание электродвигателя с переменным током (Г. Уайльд, З. Грамм и др.) и двигателя внутреннего сгорания (Н. Огто, Г. Даймлер, Р. Дизель). Это, вместе с прогрессом в металлургии и химической промышленности, привело к целому ряду технических изобретений, важнейшие из которых — гигантский стальной корабль, трактор, аэроплан (А.Ф. Можайский, О. Лилиенталь, братья У. и О. Райт), танк. Примечательной особенностью эпохи является и то, что впервые технические новшества поступают в массовое производство, а это стало возможным в том числе благодаря изобретению Ф. Тейлором сборочного конвейера. Стали вводиться в эксплуатацию телефонные станции, интересными изобретениями явились фонограф (Т. Эдисон) и кинематограф (И.А. Тимченко, Ж. Демени, братья О. и Л. Люмьер и др.). Одним из величайших открытий в области техники явилось изобретение радио (А.С.Попов).

К концу этапа формируется система международной научной коммуникации в инженерной сфере: возникает научно-техническая периодика, создаются научно-технические сообщества. Все это способствует дисциплинарному оформлению классических технических наук — теории машин и механизмов, теплотехники, электротехники и радиотехники, теории автоматического регулирования. Завершается становление классической теории сопротивления материалов и механики разрушения. Формирование теории паровых двигателей приводит к созданию научных расчетов паровых турбин и развитию научно-технических основ горения и газификации топлива. Создаются теоретические основы полета авиационных летательных аппаратов. Завершается формирование фундаментальных разделов технических наук — теории цепей, теории двухполюсников и четырехполюсников, теории колебаний и др.; разрабатываются методы расчета, общие для фундаментальных разделов различных технических наук. Таким образом, технические знания приобрели все признаки научного знания:

- научные методы исследования технических проблем;
- оформление получаемых знаний в виде научного предмета (наличие идеализированных объектов изучения и системы взаимосвязи теорий различного уровня общности);
- специальную социальную организацию деятельности по выработке этих знаний (каналы научно-технической коммуникации, сеть научно-технических учреждений, система подготовки кадров).

На рубеже XIX—XX вв. произошла крупнейшая революция в естествознании, знаменовавшая переход к так называемой неклассической науке. Если к началу Новейшего времени, большинство неклассических научных достижений не повлияли на принципы миропонимания в технических науках (где сохранялся механицизм), то уже спустя два-три

десятилетия отмеченные особенности естествознания заложили новые направления научно-технического знания.

### ***Развитие технических наук в Новейшее время***

В середине XX в. человечество вступает в новую информационную эпоху, складывание информационного общества. Этому способствовали такие технические достижения, как появление атомной энергетики, ракетной техники, создание синтетических материалов, телевидения, электронно-вычислительных машин (применение которых стало основой развития комплексной автоматизации производства и управления им). К трехзвенной системе машины — исполнительный механизм, передаточный механизм и двигатель — добавилось четвертое звено — автоматический контроль и регулирование производственного процесса.

В этот период в развитии технических наук углубляются системно-интегративные тенденции, что проявляется в масштабных научно-технических проектах (освоение атомной энергии, создание ракетно-космической техники), в проектировании больших технических систем, формировании системы "фундаментальные исследования — прикладные исследования — разработки". Возникают новые области научно-технического знания: ядерная физика, ядерное приборостроение, теоретическое и экспериментальное материаловедение, теория создания искусственных материалов. Появляются новые технологии и технологические дисциплины. Зарождается квантовая наука и развиваются теоретические дисциплины лазерной техники.

Создание научного обеспечения пилотируемых космических полетов (огромная роль здесь принадлежит советским конструкторам С.П. Королеву, М.В. Келдышу и др.), разработка проблем автоматизации и управления в сложных технических системах обусловили развитие теории автоматического управления, теории информации, а также средств и систем обработки информации. Решение прикладных задач на ЭВМ, развитие вычислительной математики стимулировали автоматизированное проектирование сложных систем, что привело к формированию неклассических (комплексных) научно-технических дисциплин, таких как системный анализ, системотехника, информатика, эргономика, инженерная экология, техническая эстетика и др.

В отличие от технических наук классического типа, которые возникали, как правило, на основе одной естественной науки (например, электротехника — из теории электричества), неклассические (комплексные) технические науки, например теоретическая радиолокация или информатика, образованы на базе нескольких естественных наук. Они состоят из разнородных предметных и теоретических частей, содержат системные и блок-схемные модели разрабатываемых объектов, а также описание средств и языков, используемых в исследовании, проектировании или инженерных разработках. Комплексные технические науки отличаются от классических, прежде всего, и по объектам исследования.

Как отмечается в учёным-исследователем Гороховым В.Г. [А5], классические технические науки предметно ориентированы на определенный тип исследуемого и проектируемого объекта - механизм, машину, техническое устройство, колебательный контур и т.д., то неклассические являются проблемно ориентированными на различные классы сложных научно-технических проблем (хотя объект исследования и проектирования может при этом совпадать).

Как и в случае с классическим научно-техническим знанием, при формировании неклассических технических наук можно выделить несколько этапов:

Первый этап - характеризуется складыванием области однородных, достаточно сложных инженерных объектов (систем). Проектирование, разработка, расчеты этих объектов приводят к применению нескольких технических теорий классического типа. При этом задача заключается не только в том, чтобы описать и конструктивно определить различные процессы, аспекты и режимы работы проектируемой (и исследуемой) системы, но и "собрать" все отдельные представления в единой многоаспектной модели (имитации).

Второй этап - заключается в "нащупывании" в подсистемах сложного инженерного объекта сходных планов и процессов (регулирование, передача информации, функционирование систем определенного класса и т.д.), которые позволяют: решать задачи нового класса, характерные для таких инженерных объектов (например, установление принципов надежности, управления, синтеза разнородных подсистем); использовать для описания и проектирования таких объектов определенные математические аппараты (математическую статистику, теорию множеств, теорию графов и др.).

Третий этап - ознаменовывается в комплексных технических науках созданием теории идеальных инженерных устройств (систем). Например, в теоретической радиолокации после 1950-х гг. были разработаны процедуры анализа и синтеза теоретических схем радиолокационных станций (РЛС). С этой целью строится идеальный объект радиолокации — "идеальная РЛС", относительно которой формулируются основное уравнение дальности радиолокации и уравнения, определяющие ее рабочие характеристики. Создание теории идеальных инженерных устройств венчает формирование и классических, и неклассических технических наук. Идеальные инженерные устройства живут и функционируют не только по законам "первой природы", но и по законам "второй природы", в которой рождаются и живут инженерные объекты.

В Новейшее время завершается процесс институционализации технических наук, т.е. создания исследовательских организаций и учреждений, формирования сообщества ученых технической направленности.

Появление постнеклассического типа научной рациональности, с одной стороны, и крайнее ускорение (нанотехнологии и др.) темпов технического

прогресса, с другой стороны, вызвали в последние годы заявления о вступлении технических наук в постнеклассическую стадию своего развития. Объектом технического исследования в этом случае становится новый тип технического феномена, представляющего собой развитую систему четко сложившихся компонентов — технических артефактов, технического знания, технологии, инженерно-технической деятельности, информационно-технической реальности и технической культуры. Тем не менее этот переход, предпосылки которого видят, например, в развитии нанотехнологий, виртуальной реальности (области применения которой разнообразны — тренажерные системы, промышленное и архитектурное проектирование, визуализация научных данных, образование, медицина, развлечения, современное искусство и др.), космотехники, нетрадиционных комплексных дисциплин (социотехнического проектирования, эргономики, теории дизайна, эргономики и др.), еще не совершился. Очевидно, что возможен он будет только при условии систематизированного применения в техническом познании философских концепций бытия (природы), человека и общества, философской терминологии и методологии [2].

### ***Закономерности и тенденции развития современного научно-технического знания***

Можно выделить следующие закономерности и тенденции развития современного научно-технического знания:

- 1) последовательную эволюцию в направлении формирования целостной системы знаний;
- 2) дисциплинарную организацию, формирование типов технических наук;
- 3) углубление взаимодействия с естественными и социально-гуманитарными науками, а также с философией;
- 4) углубление математизации;
- 5) обретение определяющей роли в усилении взаимодействия науки, техники и производства, в развитии общества;
- 6) формирование техносферы гармоничной по отношению к природе, обществу и человеку.

Следует отметить, что изначальная цель инженерной деятельности - удовлетворение потребностей и нужд человека. Однако современная техника часто употребляется во вред человеку и даже человечеству в целом. Это относится не только к использованию техники для целенаправленного уничтожения людей, но также к повседневной эксплуатации инженерно-технических устройств. Если инженер и проектировщик не предусмотрели того, что, наряду с точными экономическими и чёткими техническими требованиями эксплуатации, должны быть соблюдены также и требования безопасного, бесшумного, удобного, экологичного применения инженерных устройств, то из средства служения людям техника может стать враждебной человеку и даже подвергнуть опасности само его существование на Земле. Эта особенность современной ситуации выдвигает на первый план проблему

этики и социальной ответственности инженера и проектировщика перед обществом и отдельными людьми.

7) взаимодействие на всех уровнях и во всех формах с инженерной деятельностью [A2].

## **7. Структура технических наук и основные их разделы**

Важнейшую роль в развитии науки играют этапы ее внутренней трансформации, известные как «научные революции». Судя по всему, один из таких этапов она переживает и сегодня. В современной литературе по философии и социологии познания все чаще отмечается возникновение некоего качественного нового явления - технонауки [3]. Термин «технонаука», утвердившийся в научном обиходе в 80-е - 90-е годы XX-го века, подчеркивает то обстоятельство, что техногенная среда превращается из простого «приложения» научного знания в естественную среду развития.

В настоящее время в состав технонауки включают прежде всего исследование и конструирование нанообъектов, определенные разделы информатики и разработку на их основе информационных технологий, биомедицину и так называемую когнитивную науку - междисциплинарный комплекс исследований, посвященных процессам приобретения и использования знаний (философия сознания, психология, нейрофизиология, лингвистика и теория искусственного интеллекта). Эти направления современного научно-технического прогресса, обозначаемые в зарубежной литературе собирательной аббревиатурой NBIC, образовали ныне область так называемых конвергирующих технологий: их развитие взаимно усиливает друг друга по принципу синергического взаимодействия, поскольку новые открытия и разработки в одной из них практически сразу же создают стимулы и условия развития всех остальных [4]. Кроме того, к технонауке очень часто относят синтетическую химию, фармацевтику, создание новых материалов, а иногда мехатронику и робототехнику. На наш взгляд, это правильно, но недостаточно. Если рассматривать технонауку как взаимосвязанный комплекс стимулирующий друг друга научных практик и технологий, то следовало бы толковать данное понятие еще шире. В частности, логично отнести сюда же космонавтику, разработку и создание больших энергосистем, поиск новых способов получения энергии, управление климатом, а также некоторые другие направления исследований и опытно-конструкторских разработок.

Характерной чертой технонауки является переплетение собственно исследовательской деятельности с практикой создания и использования современных инновационных технологий, обуславливающее смещение эпицентра производства знаний из академических лабораторий в исследовательские и опытно-конструкторские подразделения крупных компаний. При этом формируется трехсторонняя связка «наука-технология-бизнес», которая представляет собой не просто внешнее соединение этих трех ингредиентов, но качественно новую интегрированную структуру, в

которой наука в целом сохраняет свое преобладание над технологией как сферой ее приложения. Другое дело, что эволюция системы социальных отношений, в которые включена исследовательская деятельность, меняет идентичность ученого и вызывает значительную трансформацию тех ментальных структур, которые можно назвать образами науки и которые определяют процессы ее внутреннего саморегулирования.

В этой связи интересно рассмотреть эволюцию кластеров разработки и продвижения инновационных технических разработок от сталинских «шарашек», хрущевских «научоградов», Силиконовой долины США к современным технонаучным центрам. Первые три кластера создавались и обеспечивались заказами в интересах военных ведомств (Силиконовая долина работала на создание электронной начинки ракет) вне контроля общественности над этической стороной деятельности ученых и ее направленности. Работа современных NBIC-кластеров связана уже не с большими объектами, преимущественно военно-технического назначения, а с самим человеком и человекомерными объектами. Считается, что она контролируется общественностью и по определению носит гуманный характер. Однако в работе [5] обращено внимание на необходимость создания этической экспертизы такого рода исследований, прежде всего биомедицинских, имея в виду как их направленность на здоровье, психику и природу человека так и определенную эволюцию даже официальных этических норм. Так если Нюрнбергский конгресс 1947 г. позволял привлечь к участию в биомедицинских экспериментах добровольцев, то в начальной редакции Хельсинской декларации (1964 г.) разрешалось уже суррогатное согласие, позволяющее проводить также исследования на детях, психически больных пациентах и т.д. Интересы военных, политиков, бизнесменов ставят перед учеными современных NBIC-центров не меньше этических проблемы, чем в прежние времена, а практика работы ученых в подобных центрах ставит под сомнение и действенность в них мертоновских принципов этоса науки.

Очевидно, что в отношениях между обществом и наукой складывается новая ситуация, давшая толчок к активному обсуждению социально-этических аспектов научно-технического прогресса как в общем, так и в более специальном плане - применительно к бурно развивавшимся в последнее время перспективным его направлениям. Возникает и потребность в анализе общественных настроений по поводу тех принципиально новых возможностей, которые открывает современная наука, что по мнению зарубежных специалистов, помогает заключить «новый контракт» между наукой и обществом. В 2005 г. этому кругу вопросов был посвящен очередной зондаж Евробарометра (его тема - «Европейцы, наука и технология»). Как показывают полученные данные, восприятие достижений современного научно-технического прогресса, в особенности конвергирующих технологий, у «обычного» человека начинается, как правило, на ноте благожелательного оптимизма, но по мере роста

информированности эволюционирует в сторону замешательства, озабоченности, недоверия.

Всё большую популярность приобретает новый, внутренне социологизированный взгляд на технику как на гетерогенное образование, в котором переплетены материальные, социальные и дискурсивные (то есть логико-понятийные) отношения. Во многих публикациях последних лет указывается, что любой достаточно значимый технический проект является еще и социальным проектом и всегда содержит в себе определенный набор социальных предписаний [6,7]. Осознание этого обстоятельства закономерно ведет к пересмотру ориентиров инженерной деятельности, по крайней мере в некоторых наиболее динамичных ее сегментах. Все чаще ставится вопрос о переходе от классической к так называемой гетерогенной инженерии или, если использовать более широко распространенный в русскоязычной литературе термин, - к системному проектированию. Системное проектирование предполагает, что инженер видит свою задачу не только в осуществлении технических инноваций как таковых, но и в не меньшей (если не в большей) степени - в формировании целостных контекстов, включающих в себя также те или иные организационные решения, институциональные структуры, сети социальных связей и т.д.

Особым направлением системного проектирования является сегментирование общего потока социальной жизнедеятельности на более или менее самостоятельные функциональные блоки, замкнутые на отношениях по поводу использования того или иного вида техники. Эти сегменты обычно называют социотехническими системами. Такие системы, представляющие собой как бы функциональные подпространства единого многомерного пространства социума, можно одновременно рассматривать в качестве специфических модулей, из которых состоит общая конструкция социума.

## **8. Основные направления развития технических наук**

Возникнув в конце XIX века философия техники в процессе своего дальнейшего развития включала в свое содержание обширные взгляды, которые порой сходились друг с другом, а порой основывались на прямо противоположных принципах. Одни из них относятся к так называемому технократическому направлению. Они видят в технике определяющую, да пожалуй и единственную, причину всех социальных изменений. Подобные утверждения основываются на принципе технократического детерминизма. С точки зрения других техника имеет свою логику развития, независимую от социума. Для одних будущее человечества под воздействием научно-технического прогресса предстает в радужном свете: техника в процессе своего развития автоматически разрешит все социальные коллизии, создаст общество изобилия, ликвидирует унижающий человека не творческий и физически тяжелый труд и обеспечит радостную творческую жизнь. Другие, напротив, видят в технике демона, подчиняющего себе человека: эра человека сменится эрой робо-

тов, произойдет интеллектуальное вырождение индивидов, моральная деградация личности. Одни взгляды связывают прогресс техники с развитием науки, рационального познания.

Трудно подчас провести разграничительные линии между этими взглядами. Постоянно взаимодействуя друг с другом и в процессе этого взаимодействия испытывая взаимовлияния, претерпевая серьезную эволюцию эти взгляды в своей совокупности отражают стремление человеческой мысли философски осмыслить такой сложный феномен каким является техника, понять ее сущность, тенденции развития, роль в нашей жизни, перспективы технического прогресса. В разнообразии этих взглядов выражается гордость человечества своими достижениями и его испуг, радость и опасения, надежды и отчаяние.

Философия техники и науки по своему содержанию была всегда плюралистична. В этом ее сила, позволяющая отразить объект во всех его аспектах и существующие в обществе умонастроения во всем их многообразии. Это полностью относится к философии техники. Ее предмет настолько сложен и практически значим, что не может быть в ее исследовании один прав а все остальные неправы. Как мы уже отмечали, философия техники изучает технику с различных сторон и выражает интересы различных социальных и профессиональных слоев общества. Один ценностный подход будет у конструктора, другой у того, кто эту технику использует в процессе производства, третий у ученого, видящего в технике материализацию научных знаний, четвертый у политика, пятый у религиозного человека и т.д. Все различные аспекты и ценностные подходы в осмыслении техники находят свое интегрированное выражение в философии техники в сравнительно молодой истории которой существуют более или менее оформленные направления. В современной философии техники можно выделить четыре крупных направления: сциентистское, социологическое, антропологическое и религиозное. Они последовательно анализируют взаимосвязь техники с наукой, обществом, человеком и верой.

Первое направление - сциентистское (от англ. science - наука) возникает еще в 70-х годах XIX века. Техника рассматривается как практическая реализация научных знаний. Делается философский анализ системы "наука-техника", проводится гносеологическое исследование проблем техники, технического творчества и технического знания. Техника начинает рассматриваться как всякий способ человеческой деятельности, применяющий методы научного познания.

Второе направление - социологическое. Оно анализирует взаимоотношения техники и общества. Это направление делится на две ветви. Первая - техникцизм утверждает всемогущество "научно-технической рациональности", совершенствование которой само по себе должно разрешить социальные и политические проблемы современного общества. Вторая - антитехникцизм, возникший еще в 20-х годах XX века. Техника предстает как злой гений человечества, источник всех его бед. В зависимости от конкретной соци-

ально-политической и экономической обстановки техницизм и антитехницизм последовательно сменяют друг друга. Так, после второй мировой войны разворачивается гуманистическая критика техники, ставится вопрос о кризисе личности и ее судьбе в современном технизированном обществе.

Третье направление - антропологическое (от гр. anthropos - человек). Свою проблематику это направление сформулировало еще в 30-е годы нашего столетия. Техническая среда рассматривается как способ существования человека. Философский анализ технической деятельности сочетается с данными антропологии, психологии, физиологии и других наук, изучающих человека. Исследуя технику как необходимый атрибут человеческого бытия, это направление философии техники часто идет по пути биологизации техники. Источник всякого технического творчества оно видит исключительно в деятельности человека как биологического существа, рассматривает технику как реализацию каких-то качеств и способностей присущих природе. Человек таким образом техникой восполняет свою биологическую недостаточность.

Четвертое направление - религиозная философия техники. Оно является попыткой найти в религиозной вере спасение от технического пессимизма. Религиозные интерпретации техники возникли в начале XX века и с большей активностью стали реагировать на противоречивые тенденции научно-технического развития и его амбивалентные последствия. Стремясь осмыслить научно-технический прогресс с позиций христианства, это направление рассматривает технику как воплощение сверхъестественной сущности - бога. Любая техническая система воплощает универсальную "упорядоченность" природы в соответствии с божественной целью. Изобретение рассматривается как "свободное" совпадение человеческой инициативы с волей бога, а технический прогресс - как реализация развивающегося с непреклонной логической необходимостью божественного интеллекта.

Подводя итог рассмотрения возникновения и развития философии техники, отметим, что в этом сложном и многоплановом процессе многие исследователи, к примеру Карл Митчем, прослеживают две явно выраженных традиции. Исторически первая - инженерная философия техники, которая рассматривает технику в субъективном аспекте ее возникновения и указывает что является ее субъектом, деятельным носителем. Эта традиция представляет собой попытку техников и инженеров выработать некоторую философию своей сферы деятельности. Первое выражение этой традиции восходит к Ньютону, к его натуральной философии и к "механической философии" Р. Бойля. Шотландец Э.Ю. выдвинул другой термин-словосочетание "философия производства"(1835 г.). Через 40 лет после Э.Юра выражение "философия техники" использовал Э.Капп в своей теории органопроекции: "в орудии человек систематически воспроизводит самого себя", поэтому "собственная форма орудия должна исходить из формы этого органа - изогнутый палец становится прообразом крючка, горсть руки - чашей; в мече, копье, весле, совке, граблях, плуге и лопате нетрудно разглядеть различные позиции и положения руки, кисти, пальцев, приспособление которых к рыбной ловле

и охоте, садоводству и использованию полевых орудий достаточно очевидно. К этой традиции принадлежат и труды П.Энгельмейера, А. Дюбуа-Реймана, Э.Чиммера, союза немецких инженеров.

Инженерный подход к философии техники дает анализ техники как бы изнутри, интерпретацию технического бытия человека в прагматическом мире. Именно это техническое бытие является для этой традиции главным для понимания других типов человеческого мышления и действия. Вникая во различные детали техники и технические процессы инженерная философия техники вольно или невольно отодвигает на второй план изучение связей техники с другими аспектами человеческого бытия.

Вторая традиция выражена в гуманитарной философии техники, которая рассматривает технику в объективном аспекте ее возникновения и представляет собой совокупность усилий ученых, литераторов, религии и философии (т.е. гуманитарных сфер сознания). Она пытается осмысливать технику в гуманитарном аспекте, в ее связи со всем спектром человечески духовных ценностей и действий, отдавать предпочтение гуманитарному началу перед техническим. Эта традиция зарождается уже в романтическом движении, в "Рассуждении о науках и искусстве" Жан Жака Руссо, находит свое продолжение в философии экзистенциализма и близких к ним философов - А.Бергсона, К. Ясперса, Г.Марселя, Г.Маркузе. Особенно ярко эта традиция представлена работами Л.Мэмфорда в его мифе о машине, первого профессионального философа, обратившегося к проблематике философии техники, Хосе Ортеге-и-Гассета, М. Хайдеггера, Ж.Эллюля. При этом особо подчеркивается значимость человеческой интерпретации - его способности творческого отношения к миру. Так, утверждая, что человек не "делающее", а "мыслящее" существо, Мэмфорд пишет: "Если бы внезапно исчезли все механические (технические) изобретения последних пяти тысячелетий, это было бы катастрофической потерей для жизни. И все же человек остался бы человеческим существом. Но если бы у человека была отнята способность интерпретации..., то все, что мы имеем на белом свете, угасло бы и исчезло быстрее, чем фантазии Просперо, и человек очутился бы в более беспомощном и диком состоянии, чем любое другое животное: он был бы близок к параличу". Ортега также обращает внимание на то, что человеческая природа есть некий сырой материал, из которого та или иная личность должна что-то творить для себя и техника может рассматриваться как известный вид человеческого проектирования [8].

## **9. Инженерная деятельность**

Инженерная деятельность - область технической деятельности, включающая в себя целый ряд специализированных областей и дисциплин, направленная на практическое приложение и применение научных, экономических, социальных и практических знаний с целью обращения природных ресурсов на пользу человека [4].

Целями инженерной деятельности являются изобретение, разработка, создание, внедрение, ремонт, обслуживание и/или улучшение техники, материалов или процессов. Инженерное дело тесно переплетается с наукой, опираясь на постулаты фундаментальной науки и результаты прикладных исследований. В этом смысле оно является отраслью научно-технической деятельности.

Инженерная деятельность - это самостоятельный специфический вид технической деятельности всех научных и практических работников, занятых в сфере материального производства, который выделился на определенном этапе развития общества из технической деятельности и стал основным источником технического прогресса. Можно выделить следующие этапы развития инженерной деятельности:

- 1) праинженерный - время строительства достаточно крупных и сложных сооружений;
- 2) прединженерный - период мануфактуры, этап становления инженерной деятельности в социальном плане (конец XVIII – начало XIX вв.);
- 3) период развития инженерной деятельности на основе системы машин и технических наук;
- 4) современный этап, который связан с переходом к информационной технологии.

Отметим, что вместе с усложнением производственных процессов инженерная деятельность дифференцировалась на инженерно-исследовательскую, инженерно-конструкторскую и инженерно-технологическую. Деятельность инженера в отличие от деятельности других слоев интеллигенции (педагогов, врачей, актеров, композиторов и др.) по своей роли в общественном производстве является производительным трудом, непосредственно участвующим в создании национального дохода. Тем самым инженеры выполняют одну из обособившихся функций совокупного работника. Именно практическая направленность инженерной и вообще всей технической деятельности давала повод «интеллектуалам» смотреть на нее свысока. Техническая деятельность не пользовалась особой славой еще в древности. Критика технической деятельности оказывается столь же древней, как и сама эта деятельность. В частности, Архимед считал сооружение машин занятием, не заслуживающим ни трудов, ни внимания (большинство из них появилось на свет как бы попутно, в виде забав). Отношение к технической деятельности принципиально не изменилось и в период средневековья, когда эта деятельность часто воспринималась как нечто магическое. Средневековое ремесло уподоблялось ритуалу, воспроизводящему соответствующий миф. В средневековой Европе технические нововведения, приемы и методы интегрировались в сословный мир цехов. В эпоху Возрождения сформировалось иное отношение к инженеру и его деятельности. К инженеру стали относиться не просто как к ремесленнику, технику, а как к творцу, творящему мир второй природы. С

конца XIX в. начинается резкая критика технического засилья и идеализация прошлого. Чрезвычайно противоречивую оценку инженерной деятельности дает и современное общество, видя в ней не только источник жизненных благ, но и социального зла. Поэтому возникла проблема ответственности инженерной деятельности.

В современной своей сущности инженерная деятельность – это техническое применение науки, направленное на производство техники и удовлетворение общественных технических потребностей. В процессе деятельности инженера законы науки из своей теоретической формы трансформируют в технические принципы, которые находят свое практическое применение. Эта деятельность обладает определенной степенью риска, которая считается неизбежной. С целью обеспечения необходимой надежности создаваемых технических средств и технологии создаются методы и средства преодоления этого риска путем установления определенных параметров, стандартов и использования статистического учета случаев возможных аварий. Поэтому по своему характеру инженерная деятельность является преимущественно духовной деятельностью в сфере материального производства. Союз немецких инженеров определил основные ценностные критерии инженерной деятельности: способность функционирования и надежность, экономичность, благосостояние, здоровье, безопасность, экологичность, качество общества и развитие личности. Процесс инженерной деятельности включает в себя: определение потребности, выработку и принятие решения, подготовку производства, регулирование производства, удовлетворение потребностей. Первой стадией технической деятельности является изобретение, затем – проектирование, в ходе которого идеальная модель воплощается в рабочих чертежах, затем – конструирование как материальное воплощение изобретения в техническом устройстве и, наконец, промышленное освоение и внедрение в производство. Существенные признаки инженерной деятельности:

1) это деятельность в сфере материального производства или деятельность, которая направлена на решение задач материального производства;

2) это деятельность практическая, т.е. имеет дело с реально существующими объектами в отличие от теоретической или духовной, где существуют мыслимые, идеальные объекты;

3) она разрешает противоречия между объектом (природой) и субъектом (обществом), является процессом превращения природного в социальное, естественного в искусственное;

4) она занимает промежуточное положение между теорией и практикой (труд инженера является умственным трудом в сфере материального производства) [5].

Творчество инженера имеет определенную структуру и определяемые этой структурой этапы развития.

Структурными элементами инженерного творчества являются:

- отражение и осмысление технической потребности как проблемы технического прогресса;
- вынашивание новой технической идеи;
- разработка идеальной модели технического устройства;
- конструирование - переход от идеальной модели к созданию нового технического устройства на основе математических и технических расчетов;
- создание нового промышленного образца.

Этапы технического творчества:

Первый этап - критическое осмысление существующего положения вещей на базе экспериментальных материалов и логических рассуждений, формирование проблемной ситуации. Результатом этого является формулировка конкретной технической задачи, которая может служить основой дальнейших творческих поисков.

Второй этап - этап " рождения " и вынашивания новой технической идеи как результата скачка в новое качество при реализации поиска решения определенной технической задачи. Это еще не техническое изобретение и не идеальная модель нового, но уже выход за рамки непосредственно данного. С этой целью применяется набор методов поиска нового. При этом рациональные методы, составляющие логическую основу процесса, не исключают действия фантазии и интуиции при рождении технической идеи.

Третий этап - этап разработки воображаемой реальности идеальной модели как результата схематизации новой технической идеи, как структурной и функциональной схемы будущего технического объекта. В идеальной модели выражается активная созидательная деятельность субъекта, учитывается необходимость ее последующей материализации, строится будущий объект не в чувственно воспринимаемой форме. На этом этапе протекает процесс обоснования, продумывания и создания образца будущего технического объекта.

Четвертый этап - этап конструирования, перехода от мысленного построения к реальным разработкам. Результаты конструирования выражаются в эскизном и техническом проектах, в рабочих чертежах или модельно-макетном воплощении. Начинается разрешение противоречий между материальным и идеальным, теорией и практикой. Происходит движение от изобретения в форме идеальной модели или патента до рабочих чертежей или спецификаций и далее - до действующих моделей, экспериментальных или производственных образцов.

Пятый этап - этап воплощения изобретения в новом техническом объекте. Этот этап складывается из ряда стадий. На начальной его стадии создается экспериментальный образец, который предоставляет на основе данных экспериментов сделать доработку и доводку конструкторско-технологических разработок. Затем для испытаний артефактов в промышленных условиях создается промышленный образец. И, наконец,

новая техника и технология запускается в серийное или массовое производство. На этом этапе завершается процесс разрешения противоречий между теорией и практикой и одновременно возникают новые технические задачи, новые противоречия.

Можно отметить, что все этапы инженерной деятельности пронизаны творчеством. Творческий характер деятельности инженера проявляется прежде всего в том, что он сознательно формирует цель своей деятельности на основе осмысления технических потребностей производства и общества в целом. "Цель технического творчества, - пишет В.И.Белозерцев, - удовлетворение осознанной технической потребности. Проблемы возникают и формулируются с началом осуществления цели" [6].

## **10. Инженерные исследования**

Инженерные исследования, в отличие от теоретических исследований в технических науках, непосредственно вплетены в инженерную деятельность, осуществляются в сравнительно короткие сроки и включают в себя предпроектное обследование, научное обоснование разработки, анализ возможности использования уже полученных научных данных для конкретных инженерных расчётов, характеристику эффективности разработки, анализ необходимости проведения недостающих научных исследований и т. д. Инженерные исследования проводятся в сфере инженерной практики и направлены на конкретизацию имеющихся научных знаний применительно к определённой инженерной задаче. Результаты этих исследований находят своё применение прежде всего в сфере инженерного проектирования. Именно такого рода инженерные исследования осуществляются крупными специалистами в области конкретных технических наук, когда они выступают в качестве экспертов при разработке сложных технических проектов.

В процессе функционирования и развития инженерной деятельности в ней происходит накопление конструктивно-технических и технологических знаний, которые представляют собой эвристические методы и приёмы, разработанные в самой инженерной практике. В процессе дальнейшего прогрессивного развития инженерной деятельности эти знания становятся предметом обобщения в науке. Первоначально вся инженерная деятельность была ориентирована на использование лишь естественнонаучных знаний, и в её осуществлении принимали деятельное участие многие учёные-естествоиспытатели, конструируя экспериментальное оборудование и даже технические устройства. Поэтому именно в естественных науках формируются постепенно особые разделы, специально ориентированные на обслуживание инженерной практики. Помимо учёных-теоретиков и учёных-экспериментаторов, появляются специалисты в области прикладных исследований и технических наук, задача которых – обслуживание инженерной деятельности.

В настоящее время существует множество областей технической науки, относящихся к различным сферам инженерной деятельности. Однако области технической науки и соответствующие им сферы инженерной деятельности не тождественны. Например, электротехнику как сферу инженерной деятельности и отрасль промышленности не следует путать с теоретической электротехникой, которая представляет собой область технической науки. Последняя имеет в настоящее время достаточно разработанный теоретический уровень (скажем, теорию электрических цепей) и не может рассматриваться как исследование, направленное лишь на приложение знаний естественнонаучных дисциплин. В технических науках развиты особые теоретические принципы, построены специфические идеальные объекты, введены новые научные законы, разработан оригинальный математический и понятийный аппарат. Технические науки удовлетворяют сегодня всем основным критериям выделения научной дисциплины. В то же время следует помнить, что технические науки достаточно чётко ориентированы на решение инженерных задач и имеют вполне определённую специфику. Конечно, в них доказываются теоремы и строятся теоретические системы. Однако, наряду с этим, важное место занимают описания расчётов и приборов и различные методические рекомендации. Главная цель технических наук – выработка практико-методических рекомендаций по применению научных знаний, полученных теоретическим путём (в сфере технической науки – технической теории) в инженерной практике. Специфика технической науки определяется необходимостью использования её результатов не столько для объяснения естественных процессов, сколько для конструирования технических систем. Эти результаты опосредованы, как правило, инженерными исследованиями, проводимыми в рамках того или иного вида конкретной инженерной деятельности [7].

С появлением и развитием технических наук изменилась и сама инженерная деятельность. В ней постепенно выделились новые направления, тесно связанные с научной деятельностью (но не сводимые к ней), с проработкой общей идеи, замысла создаваемой системы, изделия, сооружения, устройства и прежде всего – проектирование.

## **11. Особенности современной инженерной деятельности**

Инженерная деятельность входит в некий развивающийся процесс, в котором принимают участие достаточно большое число специалистов. Во всех этих случаях инженерная деятельность берет свое начало не только в деятельности отдельных людей, но подчас и рядом, в совместном труде многих, т. е. в дифференцированном по специализированным функциям "трудовом сотрудничестве". Примером этому могут служить усовершенствование велосипеда или автомобиля что приводит к потере авторства. "Все становится анонимным, - писал К. Ясперс. - Достижения одного человека тонут в достижениях других".

Техническое творчество проявляется как активная способность и сила, свойственная не столько отдельно взятому человеку, а в конечном счете - человечеству в целом. Коллективность творческой инженерной деятельности ярко проявляется уже при определении целей и задач этой деятельности. Техника сама по себе не порождает цели. Целепологание развития техники задается людьми и в своем большинстве носит коллективный характер. "До сих пор, вплоть до настоящего времени, вряд ли было сделано изобретение, цель которого не была продумана в прежних источниках коллективного воображения, прежде чем были распознаны средства для ее достижения"-отмечает Г. Рополь.

Не только цели и задачи процесса изобретения, но и сами технические решения при осуществлении изобретения принимаются большим коллективом инженеров - проектировщиков, конструкторов, технологов, дизайнеров. Более того, к творческому процессу инженеров подключается деятельность экономистов, психологов, экологов и других специалистов. Но еще больший коллективный характер деятельности всех этих участников изобретательского процесса проявляется при функционировании созданной техники. В процессе эксплуатации техники к деятельности инженеров подключаются участвующие в производстве рабочие.

Ввиду коллективного характера инженерного творчества, усиления анонимности результатов этого творчества возникают проблемы не только организации изобретательского процесса, но и определения доли и соответствующего вознаграждения отдельных лиц, участвующих в этом процессе. Эта творческая доля должна быть четко обозначена, определена. Творчество отдельных инженеров не умаляется в своем значении, а лишь стимулируется творчеством своего коллектива. В этом заключается качественная особенность инженерного творчества от его других видов, к примеру, от творчества в области литературы или искусства. Творчество инженера имеет другую природу, оно стимулируется творчеством всего коллектива и получает соответствующую оценку своей эффективности.

Необходимость оценки результатов совместного творчества инженеров определяется тем, что новая техника как цель этого творчества является средством удовлетворения определенных личных и общественных потребностей. Техническое творчество не протекает в социальном вакууме. Инженеры имеют свои общественные задачи. Технические проблемы, прежде всего, являются проблемами "цель - средство".

В инженерном творчестве, как правило, существует два подхода к моделированию новой техники в процессе ее создания. Первый имеет дело только с техническими объектами и пренебрегает человеком, человеко-машинные отношения в лучшем случае отходят на задний план. При втором подходе исходным моментом модели является не техническое устройство, а процесс преобразования веществ и сил природы с целью удовлетворения человеческих потребностей. В этом случае моделируется система "человек - техника - производственная среда". В этой системе человеческие и

технические носители функций взаимодействуют при исполнении общей функции. В первом случае в технике видят лишь способ достижения цели, творчество деформируется, сам человек приносится в жертву совершенно внешней для него цели. Однако ценность техники всегда соотнесена с прогрессивной целью общественного развития, с реализацией творческих способностей человека, поэтому подобный подход к моделированию техники по своей сути является антигуманным, поскольку он не только не учитывает человеческие потребности, но и человеческие возможности. Он противоположен второму, гуманному подходу к техническому моделированию, учитывающему социальную обусловленность создания новой техники и технологии. Все перипетии творческой деятельности инженеров нельзя, безусловно, сводить только к социальной детерминации. Но и нельзя отрывать этот творческий процесс от определенных социокультурных обстоятельств. В процессе инженерного творчества огромную роль играют логические и психологические свойства сознания творящих субъектов, в частности, так называемое опережающее сознание - способность человеческого сознания определять будущее. "Именно это и является основой изобретательской способности, - пишет Г.Рополь, - потому что сознание способно перешагнуть инстинктивные побуждения, вызванные тем, что имеет место здесь и теперь, оно способно набросать цели на будущее, может найти и выработать новые цели...Решающим условием является акт человеческого сознания, который заново упорядочивает природные состояния и тем самым перешагивает естественно возникшее. Только при исполнении этого акта становится возможным новое решение". Конечно, технически полезное должно быть полезным в экономическом и вообще в социальном отношении. "Однако дух изобретательства, как таковой, независим от этого принуждения, - пишет К.Ясперс. - Решительные импульсы заставляют его как бы творить второй мир. Однако то, что он создает, обретает свою техническую реализацию лишь в такой мере, в какой это диктуется экономическим успехом в рамках свободной конкуренции или решением обладающей деспотической властью воли"[10].

Таким образом, сам процесс технического творчества является выражением интеллектуальных потенций личности, однако на его реализацию как и на смысл этого творчества оказывают воздействие не только технологические, но и экономические и социально - политические факторы. Именно поэтому многие результаты технического творчества не получив социально - практического запроса в течение длительного периода времени не находили своего практического воплощения и общественного признания.

#### ***Системотехническая деятельность.***

Во второй половине XX века изменяется не только объект инженерной деятельности (вместо отдельного технического устройства, механизма, машины и т.п. объектом исследования и проектирования становится сложная человеко-машинная система), но изменяется и сама инженерная

деятельность, которая стала весьма сложной, требующей организации и управления. Другими словами, наряду с прогрессирующей дифференциацией инженерной деятельности по различным ее отраслям и видам, нарастает процесс ее интеграции. А для осуществления такой интеграции требуются особые специалисты - *инженеры-системотехники*. Анализ системотехнической деятельности показывает, что она неоднородна и включает в себя различные виды инженерных разработок и научных исследований. В нее оказываются вовлеченными многие отраслевые и академические институты; над одними и теми же проектами трудятся специалисты самых различных областей науки и техники. В силу этого координация всех аспектов системотехнической деятельности оказывается нетривиальной научной, инженерной и организационной задачей.

Системотехническая деятельность осуществляется различными группами специалистов, занимающихся разработкой отдельных подсистем. Расчленение сложной технической системы на подсистемы идет по разным признакам: в соответствии со специализацией, существующей в технических науках; по области изготовления относительно проектировочных и инженерных групп; в соответствии со сложившимися организационными подразделениями. Каждой подсистеме соответствует позиция определенного специалиста (имеется в виду необязательно отдельный индивид, но и группа индивидов и даже целый институт). Эти специалисты связаны между собой благодаря существующим формам разделения труда, последовательности этапов работы, общим целям и т.д. Кроме того для реализации системотехнической деятельности требуется группа особых специалистов (скорее, их следует назвать универсалистами) – координаторов (главный конструктор, руководитель темы, главный специалист проекта или службы научной координации, руководитель научно-тематического отдела). Эти специалисты осуществляют координацию, равно как и научно-тематическое руководство и в плане объединения различных подсистем, и в плане объединения отдельных операций системотехнической деятельности в единое целое. Подготовка таких универсалистов требует не только их знакомства со знаниями координируемых ими специалистов, но и развернутого представления о методах описания самой системотехнической деятельности.

### ***Социотехническое проектирование.***

"Расслоение" инженерной деятельности приводит к тому, что отдельный инженер, во-первых, концентрирует свое внимание лишь на части сложной технической системы, а не на целом и, во-вторых, все более и более удаляется от непосредственного потребителя его изделия, конструируя артефакт (техническую систему) отделенным от конкретного человека, служить которому прежде всего и призван инженер. Непосредственная связь изготовителя и потребителя, характерная для ремесленной технической деятельности, нарушается. Создается иллюзия, что задача инженера - это лишь конструирование артефакта, а его внедрение в жизненную канву

общества и функционирование в социальном контексте должно реализовываться автоматически.

Однако сегодня создание автомобиля - это не просто техническая разработка машины, но и создание эффективной системы обслуживания, развитие сети автомобильных дорог, скажем, скоростных трасс с особым покрытием, производство запасных частей и т.д. и т.п. Строительство электростанций, химических заводов и подобных технических систем требует не просто учета "внешней" экологической обстановки, а формулировки экологических требований как исходных для проектирования. Все это выдвигает новые требования как к инженеру и проектировщику, так и к представителям технической науки. Их влияние на природу и общество столь велико, что социальная ответственность их перед обществом неизмеримо возрастает, особенно в последнее время. Современный инженер - это не просто технический специалист, решающий узкие профессиональные задачи. Его деятельность связана с природной средой, основой жизни общества, и самим человеком. Поэтому ориентация современного инженера только на естествознание, технические науки и математику, которая изначально формируется еще в вузе, не отвечает его подлинному месту в научно-техническом развитии современного общества. Решая свои, казалось бы, узкопрофессиональные задачи, инженер активно влияет на общество, человека, природу и не всегда наилучшим образом. Это очень хорошо понимал еще в начале XX столетия русский инженер-механик и философ-техники П. К. Энгельмейер: "Прошло то время, когда вся деятельность инженера протекала внутри мастерских и требовала от него одних только чистых технических познаний. Начать с того, что уже сами предприятия, расширяясь, требуют от руководителя и организатора, чтобы он был не только техником, но и юристом, и экономистом, и социологом". Эта социально-экономическая направленность работы инженера становится совершенно очевидной в рамках рыночной экономики - когда инженер вынужден приспособлять свои изделия к рынку и потребителю [11].

Задача современного инженерного корпуса - это не просто создание технического устройства, механизма, машины и т.п. В его функции входит и обеспечение их нормального функционирования в обществе (не только в техническом смысле), удобство обслуживания, бережное отношение к окружающей среде, наконец, благоприятное эстетическое воздействие и т.п. Мало создать техническую систему, необходимо организовать социальные условия ее внедрения и функционирования с максимальными удобствами и пользой для человека [13].

Отрицательный опыт разработки автоматизированных систем управления (АСУ), например, очень хорошо показывает недостаточность узкотехнического подхода к созданию сложных человеко-машинных систем. В эту сферу, по сути дела, социотехнических разработок первоначально пришли специалисты из самых разных областей науки и техники и вполне естественно привнесли с собой соответствующее видение объекта

исследования и проектирования. Скажем, специалисты в области теории автоматического регулирования видели в АСУ лишь совокупность передаточных функций и определенных структурных блоков, которые надо связать. Тот факт, что АСУ - это прежде всего *социально-экономическая система*, в которую внедряются средства вычислительной техники, осознавался очень и очень долго. В сознании инженера витала идея о том, что хотя бы в предельном случае автоматизированная система управления должна стать автоматической. Иными словами, она должна стать полностью автоматизированной, технической системой, исключаящей человека. С этим фактом, как нам кажется, связаны многие неудачи в истории разработки и внедрения АСУ. В соответствии с этой программой, все отрасли, объединения, предприятия кинулись срочно закупать вычислительную технику, еще точно не зная, как ее использовать. При этом не учитывалось, что социальный организм, в который встраивается данная техника, должен быть перестроен, иначе АСУ, вместо сокращения управленческого персонала, ради чего они и внедрялись, приводят к его увеличению. Для внедрения АСУ была необходима перестройка всей хозяйственной деятельности цеха, предприятия, отрасли, а не автоматизация рутинных процедур человеческой деятельности путем замены человека машинными компонентами. Машинные компоненты выступают в этом случае уже как подчиненные более общей и глобальной социально-экономической задаче.

## **12. Интеграция технических наук с инженерной деятельностью**

В современных условиях научно-исследовательские работы представляют собой комплекс теоретических и экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных для изыскания путей создания новой продукции, продукции с новым уровнем качества. Конечным результатом научно-исследовательской работы (НИР) в области техники и технологий является, прежде всего, обоснованное техническое задание на проведение опытно-конструкторских работ (ОКР). Опытно-конструкторские работы преимущественно являются этапами апробации и внедрения результатов научно-исследовательских работ, а результатом последних – новый уровень качества технического изделия или полностью новое изделие. ОКР позволяют наиболее рационально и эффективно в дальнейшем создавать серийную промышленную конструкцию изделия и соответствующую технологию его изготовления.

Как и любую профессиональную работу, НИР и ОКР необходимо планировать для рационального достижения поставленной цели. Поэтому в данном учебно-методическом пособии рассмотрен комплекс общих вопросов в области практического планирования. Планирование научно-исследовательской деятельности и опытно-конструкторских работ в организации или на предприятии - это процесс прогнозирования и разработки системы количественных и качественных показателей их

развития, которые определяют темпы, тенденции и пропорции развития указанных работ и содействуют выбору наиболее оптимальных вариантов достижения целей.

Вопросы организации и управления также актуальны на современном этапе развития прикладных наук, которые создают соответствующие условия для создания новой техники. Основными предпосылками обеспечения нового уровня качества промышленных изделий являются технические и административные факторы, поэтому обеспечение качества промышленной продукции на новом уровне неразрывно связано с управлением прикладных научных исследований и далее опытно-конструкторских работ. Вопросы управления НИР и ОКР являются во многом необходимыми в настоящий период интенсивного совершенствования техники и технологий, так как они позволяют обеспечивать высокую и эффективную работоспособность научно-инженерных коллективов при решении создания новых технических устройств и разработки соответствующих технологий.

### ***Содержание и структура***

#### ***научно-исследовательских работ (НИР) в практике***

Научно-исследовательские работы (НИР) — комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции [6]. Начало организации научно-исследовательской работы невозможно без первичной документации в виде технического задания (ТЗ). Техническое задание на научно-исследовательскую работу – исходный технический документ для проведения НИР, устанавливающий требования к содержанию, объемам и срокам выполнения этих работ. Утверждает ТЗ заказчик (в случаях договорных НИР) или руководитель предприятия–исполнителя (в случаях инициативных НИР) [6]. В течение проведения НИР оформляется ОНТД (отчетная научно-техническая документация), которая после завершающего этапа проходит проверку специальной комиссией.

Отчетная научно-техническая документация - научно-техническая документация, включающая объективную информацию о содержании и результатах научно-исследовательских работ (или опытно-конструкторских работ), составных частей научно-исследовательских работ этапов научно-исследовательских работ (или опытно-конструкторских работ), а также содержащая рекомендации по использованию этой информации [8].

В процессе выполнения НИР должно быть обеспечено соблюдение требований ТЗ, в том числе разработаны и реализованы следующие общие требования [6]:

- обеспечение безопасности жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, совместимости и взаимозаменяемости;
- обеспечение стандартизации, унификации и соблюдение требований метрологии;

- ограничение номенклатуры применяемых материалов и комплектующих изделий;
- рациональное использование материальных ресурсов при создании и эксплуатации создаваемой продукции;
- обеспечение конкурентоспособности продукции, намечаемой к созданию.

### ***Виды НИР и их основные этапы***

Научные исследования можно разделить на фундаментальные, поисковые и прикладные.

Результатом фундаментальных НИР, как правил, является расширение теоретических знаний, получение новых научных данных о процессах, явлениях, закономерностях, существующих в исследуемой области, а также научные основы, методы и принципы исследований.

Поисковые НИР обеспечивают увеличение объема знаний для более глубокого понимания изучаемых объектов, разработку прогнозов развития науки и техники, открытие путей применения новых явлений и закономерностей.

Прикладные НИР позволяют решить конкретные научные проблемы для создания новых изделий, позволяют получить рекомендации, инструкции, расчетно-технические материалы, методики и определяют возможность проведения опытно-конструкторские работы по тематике НИР.

Следует отметить, что на основе фундаментальных и поисковых работ осуществляется генерация идей, которые могут трансформироваться в проекты НИР и опытно-конструкторских работ [7]. Прикладные НИР являются одной из стадий жизненного цикла изделия. Их задача - дать ответ на вопрос: возможно ли создание нового вида продукции и с какими характеристиками?

Порядок проведения НИР регламентируется ГОСТ 15.101-80. Конкретный состав этапов и характер выполняемых в рамках научно-исследовательских работ определяются спецификой НИР [7].

В практике приняты следующие основные этапы НИР:

- 1) разработка технического задания (ТЗ) на НИР;
- 2) выбор направлений исследования;
- 3) теоретические и экспериментальные исследования;
- 4) обобщение и оценка результатов исследований.

Результатом НИР является достижение научного, научно-технического, экономического и социального эффектов. Научный эффект характеризуется получением новых научных знаний и отражает прирост информации, предназначенной для использования в практике. Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других НИР и опытно-конструкторских работах и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции. Экономический эффект характеризует коммерческий эффект, полученный при использовании результатов прикладных НИР. Социальный

эффект проявляется в улучшении условий труда, повышении экономических характеристик, развитии культуры, здравоохранения, науки, образования.

Результаты законченной НИР реализуют в соответствии с рекомендациями, изложенными в акте приемки НИР [6]. Законченную НИР считают реализованной, если в соответствии с целями, поставленными в НИР, ее результаты использованы при разработке:

- основных направлений или федеральных (региональных, межгосударственных) целевых программ развития техники;
- новых (модернизации существующих) образцов продукции или их составных частей;
- технических заданий, по которым разрабатывают новые (модернизируют существующие) образцы продукции;
- решения о коренном изменении направлений отдельных научно-исследовательских, опытно-конструкторских или опытно-технологических работ;
- технических заданий на другие НИР;
- нормативных, технических и организационно-методических документов (стандартов, положений, методик, инструкций, руководств), используемых при разработке, производстве и эксплуатации продукции;
- программ и методик испытаний новых (или модернизированных) образцов продукции.

После завершения прикладных НИР при условии положительных результатов экономического анализа, удовлетворяющего фирму с точки зрения ее целей, ресурсов и рыночных условий, приступают к выполнению опытно-конструкторских работ, которые являются важнейшим звеном в материализации результатов предыдущих НИР. Одной из основных задач опытно-конструкторских работ - это создание комплекта конструкторской документации для серийного производства [7].

### ***Содержание и структура***

#### ***опытно-конструкторских работ (ОКР)***

Опытно-конструкторская работа (ОКР) – это комплекс работ по разработке конструкторской и технологической документации на опытный образец изделия, изготовлению и испытаниям опытного образца (опытной партии) изделия, выполняемых при создании выполняемых при создании (модернизации) изделия по техническому заданию заказчика. Составная часть опытно-конструкторской работы (СЧ ОКР) - часть ОКР, выполняемая по техническому заданию головного исполнителя ОКР или техническому заданию заказчика с целью решения отдельных самостоятельных задач создания (модернизации) изделия [9].

Этап ОКР - совокупность работ, характеризующаяся признаками их самостоятельного целевого планирования и финансирования, направленная на получение определённых конечных результатов по разработке, проверке и подтверждению соответствия характеристик изделия (составной части изделия) установленным требованиям и подлежащая приемке заказчиком.

Рассмотрим основные функции участников на примере опытно-конструкторских работ по изготовлению изделий военной техники (ВТ)[9].

Государственный заказчик (заказчик) ОКР в целях организации и обеспечения своевременного и качественного выполнения ОКР выполняет следующие функции:

- присваивает ОКР шифр и индекс изделию ВТ;
- утверждает и выдает главному исполнителю ОКР ТЗ на выполнение ОКР;
- определяет перечень ТТЗ (тактико-техническое задание или ТЗ) на выполнение СЧ ОКР, подлежащих утверждению (согласованию) с заказчиком;
- согласовывает цену на ОКР и заключает контракт с главным исполнителем ОКР (при необходимости с исполнителем СЧ ОКР) на выполнение ОКР;
- осуществляет контроль за выполнением ОКР (при необходимости - за СЧ ОКР);
- принимает этапы ОКР и ОКР в целом, оценивает технический уровень и эффективность результатов ОКР;
- участвует в предварительных испытаниях опытных образцов изделий;
- организует и проводит государственные испытания опытных образцов изделий ;
- принимает решения по реализации результатов ОКР, в том числе по принятию на вооружение (снабжение, в эксплуатацию) изделий ВТ, включению в единый каталог предметов снабжения ВС РФ, по постановке на производство изделий;
- осуществляет контроль за использованием главным исполнителем ОКР средств, выделяемых на выполнение ОКР;
- определяет порядок дальнейшего использования материальных ценностей, изготовленных или приобретенных при выполнении ОКР, в том числе опытных образцов изделий ВТ;
- осуществляет контроль за выполнением требований по защите государственной тайны как на отдельных этапах ОКР, так и ОКР в целом.

*Основные этапы ОКР:*

- 1) разработка ТЗ на ОКР;
- 2) техническое предложение;
- 3) эскизное проектирование;
- 4) техническое проектирование;
- 5) разработка рабочей документации для изготовления и испытаний опытного образца;
- 6) предварительные испытания опытного образца;
- 7) государственные (ведомственные) испытания опытного образца;
- 8) обработка документации по результатам испытаний [7].

*Требования к выполнению ОКР*

Для технического руководства ОКР (СЧ ОКР) назначают главного (генерального) конструктора изделия, главного (генерального) конструктора

составной части изделия и главного технолога проекта изделия (далее в тексте — главный технолог проекта). Главным технологом проекта рекомендуется назначать лицо из числа ведущих специалистов технологических служб головного исполнителя ОКР или изготовителя опытного образца изделия, а при необходимости — из числа ведущих специалистов головных НИИ по технологии и материаловедению. Допускается, при необходимости, определять заместителей главного (генерального) конструктора по другим направлениям работ [9].

Для технического руководства ОКР по созданию сложных изделий ВТ по представлению заинтересованных организаций может быть создан Совет главных конструкторов и главных технологов.

Главный (генеральный) конструктор выполняет свои функции, осуществляет права и несет ответственность перед заказчиком согласно Положению о генеральном конструкторе.

Главный (генеральный) конструктор изделия и главный технолог проекта (другие заместители) в части, касающейся их, несут ответственность:

- за полноту выполнения ОКР (СЧ ОКР) в целом, обеспечение соответствия выполненных работ, изготовленного опытного образца изделия ВТ требованиям государственных стандартов, ТТЗ заказчика, технической документации, а также тактико-техническим характеристикам и условиям контракта;

- за достаточность теоретической и экспериментальной проработки конструкторских и технологических решений по созданию изделий и за соответствие их научно-технического уровня требованиям, определенным ТТЗ (ТЗ);

- за качество рабочей конструкторской, технологической (директивной и рабочей - для изготовления опытного образца изделия), программной, эксплуатационной документации;

- за качественное выполнение всех мероприятий, предусмотренных документами планирования работ на выполнение ОКР в целом и СЧ ОКР, а также мероприятий по устранению недостатков, выявленных при выполнении ОКР (СЧ ОКР);

- за качество и комплектность изготавливаемых опытных образцов изделий (опытных образцов СЧ изделий);

- за планирование, координацию и контроль работ по выявлению и решению принципиальных конструкторских и технологических проблем, связанных с созданием и производством разрабатываемых изделий (СЧ изделий).

Головной исполнитель ОКР для обеспечения собственных работ заключает (при необходимости) контракты с исполнителями СЧ ОКР.

Головной исполнитель ОКР составляет и согласовывает с заказчиком перечень составных частей ОКР, на которые должны быть выданы ТЗ их исполнителям, в том числе по собственным разработкам. В этом перечне указывают, с кем должно быть согласовано ТЗ со стороны заказчика.

Головной исполнитель ОКР обязан обеспечить исполнителей составных частей ОКР руководящими документами по конструированию и другими исходными данными, необходимыми для выполнения СЧ ОКР. Конкретный перечень документов и исходных данных определяют в ТТЗ (ТЗ).

В целях обеспечения своевременного выполнения этапов ОКР, а также контроля за выполнением работ на этапе разработки эскизного проекта, как правило, разрабатывают единый сквозной план создания изделия ВТ. Либо сетевой план-график, или план-график, или другой планирующий документ на выполнение ОКР по ГОСТ В 15.208.

Согласованный и утвержденный план совместных работ на выполнение ОКР (СЧ ОКР) является обязательным для всех организаций и предприятий, участвующих в ОКР.

В плане совместных работ указывают также перечень составных частей изделия ВТ, рабочей конструкторской документации которых для организации постановки их на серийное (промышленное) производство до завершения ОКР по созданию изделия в целом, если это установлено в ТТЗ и контракте на выполнение ОКР.

Для решения вопросов, возникающих при создании изделий и касающихся организации различных министерств и ведомств, может быть образован межведомственный координационный совет.

В целях обеспечения выполнения ОКР (СЧ ОКР) требований надежности и эргономики создаваемого изделия головной исполнитель ОКР разрабатывает программу обеспечения надежности в соответствии с требованиями ГОСТ В 15.206. Разрабатывает также программу эргономического обеспечения в соответствии с требованиями ГОСТ В 29.00.002. Основные мероприятия, предусмотренные указанными программами, включают в план совместных работ на выполнение ОКР. Рабочие документы сквозного планирования допускается разрабатывать поэтапно применительно к конкретным этапам выполнения ОКР.

При выполнении ОКР (СЧ ОКР) метрологическое обеспечение испытаний должно соответствовать требованиям ГОСТ РВ 8.570.

В целях обеспечения выполнения на всех этапах ОКР (СЧ ОКР) требований ТТЗ (ТЗ) по обеспечению возможности последующей модернизации создаваемого изделия головной исполнитель ОКР разрабатывает комплекс взаимоувязанных организационно-технических мероприятий, обеспечивающих поэтапное повышение эффективности изделия на стадии эксплуатации.

В процессе ОКР выполняют комплекс экспериментальных работ (макетирование, моделирование, испытания), необходимых для подтверждения и проверки выбранных конструктивно-схемных, конструктивно-технологических и технических решений, а также требований надежности и других, предъявляемых к опытному образцу изделия, его сборочным единицам.

Необходимость, сроки разработки, изготовления и испытания макетов (моделей), их перечень и количество устанавливают в ТТЗ (ТЗ) и контракте. При выявлении в процессе ОКР необходимости разработки, изготовления и испытания дополнительных макетов (моделей) опытных образцов изделий перечень их должен быть разработан головным исполнителем ОКР и согласован с заказчиком.

Макеты (или модели) изготавливают, как правило, по эскизным конструкторским документам и технологической документации с максимально упрощенным оформлением технологии. Допускается изготавливать их по рабочей конструкторской документации.

Испытания макетов проводят по утвержденным программам и методикам головного исполнителя ОКР. Результаты испытаний макетов (моделей) оформляют актом (протоколом), один экземпляр которого направляют ПЗ при головном исполнителе ОКР.

Содержание, обозначение, оформление и комплектность конструкторской, технологической и программной документации, разрабатываемой в процессе выполнения, а также порядок ее согласования, утверждения и изменения должен соответствовать требованиям стандартов ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД. Документацию по техническому, программному, информационному, математическому, лингвистическому, методическому, эргономическому, организационному обеспечению программных средств изделия разрабатывают в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

На этапе эскизного проектирования при наличии в составе разрабатываемого изделия в сроки, предусмотренные планом совместных работ на проведение ОКР, головной исполнитель ОКР должен выдать проектной организации согласованное с заказчиком техническое задание (исходные данные) на их проектирование. Техническую экспертизу при выполнении ОКР проводят по предложениям заказчика или головного исполнителя ОКР. Требования к проведению технической экспертизы устанавливают в ТТЗ (ТЗ) на выполнение ОКР.

Организация и порядок проведения технической экспертизы должен соответствовать ГОСТ РВ 15.1.215, ГОСТ РВ 8.573, ГОСТ РВ 29.08.001.

При выполнении ОКР проводят патентные исследования в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011.

При выполнении ОКР в случаях, предусмотренных законодательными и нормативными правовыми актами Российской Федерации по проведению подтверждения соответствия продукции установленным требованиям, осуществляют комплекс мероприятий и работ по сертификации создаваемых изделий и их составных частей по правилам и в порядке, установленном в соответствующих системах сертификации.

Основные мероприятия и работы по сертификации изделий включают в план совместных работ на выполнение ОКР. Выполнение ОКР должно быть обеспечено действующей у головного исполнителя ОКР системой качества в

соответствии с требованиями ГОСТ РВ 15.002 и (или) других нормативных документов на конкретные виды, согласованных с заказчиком.

### 13. Литература

#### *К разделу 1 и 2:*

1. Безуглов И.Г., Лебединский В.В., Безуглов А.И. Основы научного исследования. М., изд-во Академический проект, 2008г.;
2. Волков А. Н. Человеческое измерение прогресса. - М., 1990;
3. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. Учебное пособие. – М.: Центр, 2008;
4. Кезин А.В. Менеджмент: методологическая культура: Учеб. пособие. — М.: Гардарики, 2007;
5. Лось В. А. История и философия науки. Основы курса: Учебное пособие. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2004. — 404 с.
6. Лугвин С.Б. Социальные трансформации и государственная бюрократия. // Вопросы философии. 2006, № 2. С.103-108;
7. Парсонс Т. Система современных обществ. - М., 1998;
8. Поппер К. Открытое общество и его враги. -Т. II.- М., 1992;
9. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. - М., 1957;
10. Розанов В.В. О понимании. Опыт исследования природы, границ и внутреннего строения науки как цельного знания. - М., 1996;
11. Розин В.М. Типы и дискурсы научного мышления. - М.: Эдиториал УРСС, 2008. - 248 с.;
12. Садовничий В.А. Знание и мудрость в глобализирующемся мире. // Вопросы философии. 2006, № 2. с.3-10;
13. Смирнова Н.Н. Конспект лекций по философии. — СПб., 2007;
14. Фейерабенд П. Избранные произведения по методологии науки. - М., 1986;
15. Философия в вопросах и ответах: Учебное пособие для вузов / Под ред. проф. Е.Е. Несмеянова. - М.: Гардарики, 2008;
16. Ясперс К. Смысл и назначение истории. - М., 1994.

#### *К разделу 3:*

1. Глобальный эволюционизм. Философский анализ. – М., 1994;
2. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. - СПб, 2002;
3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировоззрение: диалог с И.Пригожиным // Общественные науки и современность. - 1993. - № 2;
4. Лесков Л.В. Наука как самоорганизующаяся система // Общественные науки и современность. - 2003. - № 4. - с. 148;
5. Моисеев Н.Н. Еще раз о коэволюции // Вопросы философии. - 1998. - № 8;

6. Основы философии науки: Учебное пособие для аспирантов / В.П. Кохановский и др. – Ростов-на-Дону, 2005;
7. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность // Вопросы философии. - 2003. - № 8;
8. Степин В.С. Теоретическое знание. – М., 200;
9. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. – М., 1998;
- 10.Шубин В.И., Пашков Ф.Е. Культура. Техника. Образование. Учебное пособие для технических университетов. — Днепрпетровск, 1999;
11. Горохов В. Г. Техника. Технология. Проектирование. // Эпистемология & философия науки, - 2012 - №1 – с. 63;
- 12.Огородников В. П. История и философия науки. Учебное пособие для аспирантов. — СПб, 2013;
- 13.Овчаров А. О. Актуальные проблемы современных научных исследований: методология, экономика, статистика. Сборник статей — М., 2013.

#### **К разделу 4:**

1. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/9214/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/9214/) (Философская энциклопедия. Технические науки);
2. <http://edusupport.ru/?statya> (Особенности современной науки);
3. [http://studme.org/1065101917680/filosofiya/spetsifika\\_tehnicheskikh\\_nauk\\_klassifikatsiya](http://studme.org/1065101917680/filosofiya/spetsifika_tehnicheskikh_nauk_klassifikatsiya) (Философские проблемы технических наук);
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Инженерное\\_дело](https://ru.wikipedia.org/wiki/Инженерное_дело) (Инженерное дело);
5. Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники, 2010 г.;
6. И.А. Негодаев. Философия техники, 2003 г.;
7. В. Степин, М. Розов, В. Горохов. Философия науки и техники, 1999 г.

#### **К разделу 5 и 6**

1. Технические науки, фонд знаний Ломоносов, режим доступа - <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01346:article>;
2. Философские проблемы технических наук, лекция Становление и организация технических наук - [http://studme.org/1465071717679/filosofiya/stanovlenie\\_organizatsiya\\_tehnicheskikh\\_nauk](http://studme.org/1465071717679/filosofiya/stanovlenie_organizatsiya_tehnicheskikh_nauk);
3. Промышленная революция - <https://ru.wikipedia.org/>;
4. Большая Советская энциклопедия. Под ред. Прохорова А.М., 3-е издание, М, изд-во «Советская энциклопедия», 1978;
5. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники - [http://www.gumer.info/bogoslov\\_Buks/Science/Step/index.php](http://www.gumer.info/bogoslov_Buks/Science/Step/index.php);
6. Интернет вещей - <https://ru.wikipedia.org/>.

#### **К разделу 7 и 8:**

1. Формирование и структура технических наук. Понятие и сущность технологии. - Режим доступа: <http://lumenxp.narod.ru/index/0-13>, свободный. - загл. с экрана. - яз.рус.;

2. В.Г. Горохов. Феномен технонауки. СПб.: 2010. – 183-186 с.;
3. Андреев А.Л., Бутырин П.А. Технонаука как инновационный социальный проект//Вестник российской Академии наук. 2011, №3;
4. Прайд В., Медведев Д.А. Феномен NBIC-конвергенций: реальность и ожидания// Философские науки. 2008, №1;
5. Юдин Б.Г. В фокусе исследования - человек: этические регулятивы научного познания/ Этнос науки. РАН, Институт философии; Институт истории естествознания и техники. - М.: Academia,2008;
6. Macnaghten P., Kearnes M., Wynne B. Nanotechnology, Governance and Public Deliberation: What Role for the Social Sciences? // Science Communication. 2005. V. 27. №5;
7. Андреев А.Л., Бутырин П.А., Горохов В.Г. Социология техники. М.: Альфа - М, Инфра - М, 2009;
8. Философия техники. Учеб.пособие для студ. вузов / Негодаев И.А. – М.: Академия, 2011. – 186-203 с.;
9. Технические науки. - Режим доступа:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Технические науки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Технические_науки), свободный. - загл. с экрана. - яз.рус.;
10. Приоритетные направления науки и техники. Архив Наука и технологии России. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
[http://orange.strf.ru/client/priority\\_directions.aspx](http://orange.strf.ru/client/priority_directions.aspx), свободный. - Загл. с экрана. - яз.рус.

#### **К разделу 9 и 10:**

- 1 [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/9214/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/9214/) (Философская энциклопедия. Технические науки);
- 2 <http://edusupport.ru/?statya> (Особенности современной науки);
- 3 [http://studme.org/1065101917680/filosofiya/spetsifika\\_tehnicheskikh\\_nauk\\_klassifikatsiya](http://studme.org/1065101917680/filosofiya/spetsifika_tehnicheskikh_nauk_klassifikatsiya) (Философские проблемы технических наук);
- 4 <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (Инженерное дело);
- 5 Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники, 2010 г.;
- 6 И.А. Негодаев. Философия техники, 2003 г.;
- 7 В. Степин, М. Розов, В. Горохов. Философия науки и техники, 1999 г.

#### **К разделу 11:**

1. Глобальный эволюционизм. Философский анализ. – М., 1994;
2. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. - СПб, 2002;
3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировоззрение: диалог с И.Пригожиным // Общественные науки и современность. - 1993. - № 2;
4. Лесков Л.В. Наука как самоорганизующаяся система // Общественные науки и современность. - 2003. - № 4. - с. 148;
5. Моисеев Н.Н. Еще раз о коэволюции // Вопросы философии. - 1998. - № 8;

6. Основы философии науки: Учебное пособие для аспирантов / В.П. Кохановский и др. – Ростов-на-Дону, 2005;
7. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность // Вопросы философии. - 2003. - № 8;
8. Степин В.С. Теоретическое знание. – М., 2000;
9. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. – М., 1998;
10. Шубин В.И., Пашков Ф.Е. Культура. Техника. Образование. Учебное пособие для технических университетов. — Днепропетровск, 1999;
11. Горохов В. Г. Техника. Технология. Проектирование. // Эпистемология & философия науки, - 2012, - №1 – с. 63;
12. Огородников В. П. История и философия науки. Учебное пособие для аспирантов. — СПб, 2013.

### *К разделу 12*

1. ГОСТ 15.101-98 – Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ, Минск;
2. Гольдштейн Г.Я. – Стратегический инновационный менеджмент: Учебное пособие, изд-во ТРТУ, Таганрог, 2004 г.;
3. ГОСТ РВ 15.110-2003 – Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Документация отчетная научно-техническая на научно-исследовательские работы, аванпроекты и опытно-конструкторские работы;
4. ГОСТ РВ 15.203-2001 – Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей.



**Миссия университета** – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

---

## **КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Кафедра технологии приборостроения относится к числу ведущих кафедр со дня основания института в 1931 году. Тогда она называлась кафедрой механических технологий и возглавлялась известным учёным в области разработки инструмента профессором Александром Павловичем Знаменским. Позже она была переименована в кафедру технологии приборостроения.

За время своего существования кафедра выпустила более двух тысяч квалифицированных инженеров, более сотни кандидатов и докторов наук. В разные годы её возглавляли известные учёные и педагоги: Павлович Соболев, Андрей Александрович Маталин, Сергей Петрович Митрофанов. Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, профессором С.П.Митрофановым были разработаны научные основы группового производства. За что он был удостоен Ленинской премии СССР. Методы группового производства с успехом применяются в промышленности и развиваются его учениками.

Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, заслуженным изобретателем СССР Юрием Григорьевичем Шнейдером разработаны различные методы нанесения регулярного микрорельефа на функциональные поверхности изделий, которые развиваются и внедряются в производство современниками.

В настоящее время кафедра ведёт научную работу преимущественно в области приборостроения, кафедра осуществляет выпуск бакалавров, магистров, специалистов и аспирантов по направлениям «Приборостроение» и «Информатика и вычислительная техника». Кафедра имеет тесные научно-образовательные связи с высшими учебными заведениями Германии и Бельгии.

## Содержание

1. Введение .....	3
2. Методология научного познания .....	4
3. Методологические особенности современной науки .....	7
4. Особенности развития и характерные черты современной науки	11
5. Техническая наука как новая форма современной научно-технической деятельности .....	16
6. Этапы становления технических наук .....	17
7. Структура технических наук и их основные разделы .....	27
8. Основные направления развития технических наук .....	29
9. Инженерная деятельность .....	32
10. Инженерные и исследования .....	36
11. Особенности современной инженерной деятельности .....	37
12. Интеграция технических наук с инженерной деятельностью .....	42
13. Литература .....	50

Авторы-составители

**Медунецкий Виктор Михайлович**

**Силаева Кира Валерьевна**

**Методология научных исследований**

**Учебное пособие**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**

**Университета ИТМО**

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49