

ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Л. И. УВАРОВА

Решения XXIV, XXV и XXVI съездов КПСС определили стратегию партии в области социально-экономического развития страны; главным в этой стратегии является ускорение научно-технического прогресса, перевод экономики страны на интенсивный путь развития. Важнейшим фактором интенсификации производства, которую по своему социально-экономическому значению и последствиям XXVI съезд КПСС поставил в один ряд с социалистической индустриализацией, является оснащение народного хозяйства высокопроизводительными машинами и оборудованием. Выступая на октябрьском (1980 г.) Пленуме ЦК КПСС, Л. И. Брежнев отмечал, что через машины и технологию практически идет воздействие прогрессивных идей на производство, происходит соединение науки с производством [1, с. 8]. Эта же мысль подчеркивалась в Отчетном докладе ЦК XXVI съезду КПСС: «То передовое, что создает научная и инженерная мысль, машиностроение призвано без промедления осваивать, воплощать в высокоэффективные, надежные машины, приборы, технологические линии» [2, с. 44].

Эффективность новых технических средств и качество их промышленного изготовления определяются всей совокупностью работ по созданию нового технического объекта, в первую очередь деятельностью на этапе подготовки производства. Исследования советских ученых показали, что в машиностроении резервы роста эффективности новых машин и оборудования находятся в соотношении: подготовительная стадия — 70%, производственная — 20%, эксплуатационная — 10% [3, с. 21].

В связи с этим приобретает большое значение изучение процесса разработки технических средств, ее научно-технического содержания и развития на различных этапах истории общества. Анализ методов разработки машин способствует выявлению сущности влияния науки на производство в различные исторические периоды, вскрывает систему видов деятельности, устойчивая связь и взаимообусловленность которых обеспечивают появление образцов новых технических средств.

Историю разработки технических средств можно разделить на три периода: ремесленного и мануфактурного производства, машинно-фабричного производства и период, специфика которого обусловлена влиянием НТР. В каждом из периодов научно-техническое содержание и методы создания конструкции технических средств определялись уровнем развития производительных сил и исторической формой материального производства.

Ремесленное и мануфактурное производство

Мелкое производство, основанное на личном труде производителя и ручном инструменте, представляет первую в истории форму промышленности. Ремесленное, а затем мануфактурное производство прогрессировали очень медленно; их технологический базис был узок и консервативен. Создание технических средств в течение многих веков основывалось на практическом опыте и обыденном знании, полученных в процессе общественного развития и передаваемых из поколения в поколение. В основе создания технических объектов лежали отдельные (обнаруженные эмпирическим путем) факты, эффекты, явления. Деятельность работников ремесленного и мануфактурного произ-

водств включала познавательные и материально-преобразующие компоненты, которые были тесно переплетены в процессе создания технических средств.

Основанием для формулировки идеи нового орудия труда служил большой практический опыт. Вынашивая новую техническую идею, производя мысленную переработку всех известных данных, создатель нового технического средства должен был восполнять недостающий объем воображения и памяти привлечением специфических форм записи. наброски и схемы, а позднее и чертежи стали вспомогательным средством в творческом процессе создания нового технического устройства. Реальным выражением идеи нового технического объекта был модельный образец, который являлся результатом вещественной реализации замысла по методу проб и ошибок.

Модельным образцам (моделям, по терминологии XVIII в.) придавалось большое значение на протяжении всего XVIII в. С их помощью удавалось в какой-то мере компенсировать несовершенство расчетов и неразвитость графических методов, используемых в процессе разработки технических средств. На модели проверяли принцип действия, кинематическую схему, а также и надежность нового технического средства. В процессе испытания модели конструкция существенно дорабатывалась и многократно исправлялась, а порою несколько раз коренным образом переделывалась. Нередко модели изготавливались в натуральную величину.

В процессе технического творчества к модели прибегали все известные русские механики XVIII в.— А. К. Нартов, И. И. Ползунов, И. П. Кулибин, Л. Ф. Сабакин и др. Так, по поводу изобретения новых машин А. К. Нартов писал в 1738 г. в Академию наук: «Понеже сочинены мною два чертежа о машинах, через которые может работа происходить легким способом, а именно: первый — для сверления пушек, второй — для делания винтов...

Того ради Академии наук доношу и требую, дабы повелено было к сочинению памянутых машин сделать модели, а по сделании оных моделей могу обстоятельное описание о машинах в Академию наук подать» [4, с. 840—841].

По модели, представленной в правительственные кабинеты, если дело касалось оборудования казенных заводов в России, или определенным лицам (чаще всего владельцам) на частных предприятиях, судили о новой машине, ее эффективности, степени готовности для эксплуатации, возможных путях ее улучшения и т. д. Экспертиза моделей вновь изобретенных машин поручалась ученым и наиболее опытным механикам. В России отзывы о новых изобретениях, представленных моделями, давали в XVIII в. академики И. Лейтман, Г. Крафт, Л. Эйлер, М. В. Ломоносов, президент Берг-коллегии И. А. Шлаттер, известный механик А. К. Нартов и др.

Большая роль модели в процессе создания новой машины была отмечена в технической литературе XVIII в. Представитель передовых идей в проектировании и построении машин А. К. Нартов в книге «Театрум махинарум, то есть ясное зрелище махин» изложил основные взгляды на принципы конструирования машин. Он считал, что построение модели является необходимым этапом конструирования различных механических средств. А. К. Нартов указывал также на важность экспериментальной проверки на модели отдельных теоретических положений: практика «производит в машинах движение и опытом самим теоретическую правду удостоверяет. Сюда принадлежат все механические проблемы, которые мы на деле моделями исследуем» [5, л. 6 об.].

От умозрительных и графических проектов через экспериментальную проверку на модели к практически действующим конструкциям — таков принципиальный путь создания нового технического средства в ремесленном и мануфактурном производстве.

Степень совершенства технических объектов в этот период определялась уровнем постоянно накапливаемых эмпирических знаний. По мере расширения границ познания изготавливались новые технические средства, которые становились объектами познания для новых мастеров. Потребности общества являлись постоянным стимулом создания новых технических средств.

Логическим развитием чисто эмпирического пути проектирования в машиностроении было распространение «относительных размеров» в качестве способа определения основных параметров деталей и узлов. Исходя из положения о том, что размеры узлов и деталей технических средств связаны между собою какими-то (пока еще не установленными) зависимостями, ученые и инженеры пытались найти величину, определяющую все остальные размеры узла или детали. В долях этой величины, относительно ее размера,

определились остальные размеры ($y = ax + b$, где y — определяемая величина, x — главная величина, b — постоянный член). За главный размер обычно принимали такой, с которым наиболее тесно был связан определяющий фактор (нагрузка, крутящий момент и т. д.).

Являясь выражением эмпирически обнаруженных закономерностей и воплощением большого и наиболее квалифицированного опыта построения машин, метод относительных размеров способствовал созданию новых экземпляров уже известных, апробированных конструкций. Однако, будучи отражением эмпирического уровня познания технических средств, способ относительных размеров в условиях развивающегося машинного производства все в большей мере превращался в тормоз технического прогресса. С развитием машиностроения появились новые конструкции, изменились параметры машин, усложнились взаимосвязи частей, стали применяться новые материалы. В новых условиях полученные ранее эмпирические зависимости для определения размеров не соответствовали характеру и величине нагрузок деталей, узлов, машин. Основная причина несостоятельности зависимости заключалась в том, что многие авторы формул исходили из простого геометрического подобия, точнее, геометрического сходства, которое не отражает действительной картины происходящих в технических средствах процессов. Назрела необходимость в создании научных принципов подобия, к разработке которых русские ученые приступили в 70-х годах XIX в.

Машинно-фабричное производство

В отличие от технического вооружения производства всех предшествующих эпох, технический базис капиталистических предприятий подвижен и революционен. Капиталистическое производство вызвало к жизни экономические стимулы перехода от рутинных методов труда к интенсивному развитию новой техники, совершенствованию технологии и организации производственного процесса. Увеличение масштабов капиталистических предприятий послужило исходным пунктом их коренной технической перестройки. По мере расширения и обобществления производства все острее вставали технические проблемы, решение которых потребовало применения научных знаний. Экономическая целесообразность была тем фактором, который определил широкое привлечение науки к решению вопросов, возникающих при создании новых машин.

Известный словацкий ученый и инженер А. Стодола (1859—1942) писал: «Мы, инженеры, все знаем, что машиностроение при помощи широко поставленного ряда опытов часто шутя решало задачи, перед которыми теория годами останавливалась в беспомощности. Однако опыты такого рода часто стоят несоразмерно дорого, и одно из главнейших руководящих начал, степень выгодности, должно нас побуждать не умалять значения результатов научных технических работ... Промышленность не в состоянии отказаться от содействия науки не из идеализма, а потому, что последняя при известных обстоятельствах дает «более дешевый способ» для достижения намеченной цели» [6, с. III—IV].

В XVIII—XIX вв. значительных успехов достигли естественные науки. Но в силу своей общности фундаментальные законы, открываемые естествознанием, не могут быть непосредственно использованы при решении проблем техники. В свое время известный механик и машиностроитель И. А. Вышнеградский (1831—1895) справедливо отмечал: «Отвлеченный закон науки только тогда может приносить всю свою пользу в приложениях, когда разобраны все условия, в которых он может быть применен, когда надлежащим образом произведена оценка всех обстоятельств, могущих иметь влияние на явление, могущих в большей или меньшей степени видоизменять его» [7, с. 2].

В области машиностроения непосредственное использование положений теоретической механики было затруднено тем, что сложную картину взаимодействия реальных тел не удавалось выразить языком строгого механико-математического анализа.

Объективное противоречие между универсальностью научного знания и конкретностью его применения стало причиной дифференциации научных исследований на фундаментальные и прикладные, причиной выделения в сфере научной деятельности части, ставившей своей целью конкретизацию выводов, помощь в решении практических задач. Новые объекты изучения и исследования — всевозможные технические средства и технологические процессы — породили новую группу наук — технических, задачей кото-

рых стало формулирование специфических законов создания и функционирования технических средств. Теплотехника, гидротехника, машиностроение, транспорт, дорожное и мостовое строительство были одновременно и объектами исследования, и полем приложения научных достижений. Благодаря становлению технических наук и прикладных исследований был проложен путь от фундаментальных исследований к практическому освоению научных открытий.

Под воздействием технических наук процесс создания объектов техники приобрел более направленный характер. Технические науки способствовали переходу от эмпирического изобретательства к систематическому научному исследованию с целью получения новых технических и технологических решений. Благодаря раскрытию определенного класса закономерностей технические науки позволяли перейти от частных решений, принимаемых на основе опыта, навыка и интуиции отдельных лиц, к научно обоснованным решениям. Становление технических наук стало предпосылкой создания, в частности, формализованных методов проектирования машин. Так, машиностроительные расчеты вобрала в себя достижения различных наук (теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин, теории конкретной отрасли машиностроения, технологии металлов, материаловедения и др.) и явились средством обоснования принимаемых решений при разработке технических объектов.

С 90-х годов XIX в., когда приобрела определенную методическую завершенность наука о сопротивлении материалов, решение всякой новой задачи о прочности конструкций стало возможным укладывать в удобную форму расчета по допускаемым напряжениям. При проверке детали на прочность, как правило, определяли напряжение в одном или нескольких наиболее опасных сечениях. Полученное действительное напряжение σ сравнивали с допускаемым напряжением R , и при соблюдении условия $\sigma \leq R$ размеры детали признавались годными.

Разработка принципиальной схемы расчета на прочность имела большое значение для развития машиностроения. Длительное время эволюция прочностных расчетов в машиностроении заключалась в совершенствовании методов определения нагрузок, выбора коэффициентов запаса прочности, в уточнении механических характеристик материалов. Расчеты стали играть роль своеобразных сосудов, хранящих фиксированные формализованные знания и позволяющих совершенствовать процесс создания орудий производства, зачастую предворяя эксперимент и изготовление опытного образца.

Процесс создания технического объекта в условиях крупного машинного производства включает подготовительный этап и этап непосредственного изготовления. Осмысление технической задачи, определение путей ее решения, конструирование и создание опытного образца технического средства проводятся на подготовительном этапе. Работы на этом этапе выполняются, как правило, инженерами, специализирующимися в конкретной области техники; значение подготовительного этапа состоит в том, что последующее изготовление (тиражирование) технических объектов становится плановой, четко организованной в пространстве и во времени производственной технологией.

Усиление роли науки в развитии техники является объективной закономерностью технического прогресса. Производство технических средств с каждым годом XX столетия становилось все более и более тесно связанным с научной деятельностью, ее выводами и рекомендациями, а развитие техники — результатом укрепляющегося взаимодействия науки и производства, продуктом совокупного труда, компонентами которого являются практическая и научная деятельность. Отмечая большую роль научного фактора в создании машин, необходимо обратить внимание на характер воздействия науки на решение технических задач. Со времени становления машинно-фабричного производства, создавшего материальные условия для членения технологического процесса по объективным признакам, наука была нацелена на получение знания, которое все чаще выступало предпосылкой практического создания средств производства.

По отношению к процессу создания машины наука выступала как внешний фактор: в процессе разработки осуществлялась материализация ранее полученных научных идей и ранее полученные научные знания привлекались для проверки принятых решений. Так, несмотря на многовековую историю металлорежущих станков и инструментов, многие вопросы их проектирования и создания даже в 30-е годы XX в. решались на интуитивном уровне. Незаработанность ряда специальных научных вопросов приводила к тому, что в основе создания многих машин лежали копирование и улучшение из-

вестных образцов. Специалисты в области станкостроения в середине 1930-х годов отмечали, что расчеты прочности и жесткости станка, приобретающие все большее значение в связи с увеличением мощности, проводятся нередко элементарно, почти с полным пренебрежением современными достижениями механики. Это же относилось и к вопросам вибрации станков и многим другим, которые часто решались «на ощупь» [8, с. 592]. Со временем возрастающие требования производственного и эксплуатационного характера, с одной стороны, и новые достижения в изучении специальных вопросов машиноведения — с другой, способствовали расширению и уточнению расчетов и расчетных схем машин, узлов, соединений, деталей, позволивших оценивать статическую, усталостную и контактную прочность, износостойкость, тепловые нагрузки, жесткость, вибрации и др.

Специфика разработки технических средств, обусловленная НТР

Научно-техническая революция внесла кардинальные изменения в процесс создания машин, ставший научно направленным и научно проверяемым действием.

Влияние науки на производство сказывается теперь не только в материализации ранее полученных научных знаний и научной проверке принятых решений, но и в более широком плане — в проведении исследований в процессе реализации научных и технических идей. Если первые направления представляют собой развитие традиционных воздействий науки на практику, то последнее отражает особенности современной разработки технических средств, тесное переплетение научно-исследовательской, проектно-конструкторской и опытно-производственной работы.

Высокий уровень развития современной науки, возросшие возможности предвидения характеристик будущего технического объекта обуславливают необходимость новой организации процесса создания машин, в котором специальные научные исследования составляют обязательный и весьма емкий компонент. Процесс создания новых технических средств в современных условиях существенно изменился за счет участия науки в самой «технологии» разработки конструкции. Даже в том случае, когда в основу новой конструкции положен открытый ранее принцип действия, наука является не только арсеналом необходимых знаний для совершенствования машин и технологических процессов, но и активным компонентом сферы, «выращивающей» новый технический объект. Новая роль науки, состоящая в универсальном воздействии на принимаемые решения, в ее участии в самом процессе создания образца машины, делает современный период в истории создания технических средств принципиально отличным от предыдущего.

Современная деятельность по созданию прототипа нового технического объекта характеризуется большим объемом, своеобразием и значительной научной глубиной, которые обуславливают целесообразность вычленения ее из совокупности работ по подготовке производства и всемерного развития ее специфических сторон. В то же время приращение науки и как системы знаний, и как метода получения недостающей информации, используемой при создании прототипа новой машины, объективно способствует вычленению этих исследований из числа прикладных научно-исследовательских работ. В условиях научно-технической революции, при наличии мощных вычислительных средств происходит становление специального «разработанного» исследования, являющегося средством формирования и выбора оптимального варианта технического решения из большого числа возможных.

Научные исследования при разработке технического объекта являются специальной теоретической и экспериментальной областью деятельности, имеющей свой объект и характеризующейся применением специфических методов и средств. Особенности исследовательского этапа разработки определяются прежде всего спецификой задачи разработки в целом, состоящей в создании образца технического объекта, функциональные и экономические характеристики которого с самого начала заданы в некоторых более или менее определенных пределах. Поэтому исследовательская работа на этапе разработки подчинена решению конкретной созидательной задачи. Разумеется, постановка, проведение и результаты «разработочных» исследований полностью согласуются с научными достижениями, полученными в процессе фундаментальных и прикладных исследований.

Использование познанных объективных законов природы определяет одновременно и совокупность объективных возможностей создания технических средств, и совокупность ограничений, в пределах которых могут лежать конструктивные действия человека.

Особенности «разработочного» исследования проявляются в характере взаимодействия исследователя с объектом изучения. Исследования при разработке основаны на самом активном воздействии человека на предмет исследования (на модель разрабатываемого объекта) с целью выявления условий, соблюдение которых обеспечивает создание технической системы определенного назначения и совокупности свойств.

Отличительной особенностью «разработочного» исследования является также его теснейшая взаимосвязь с опытно-конструкторской работой. Основой взаимосвязи является единство задач разработки в целом и исследования как ее функционального звена. Это обуславливает организационную и временную неразрывность исследовательского и опытно-конструкторского этапов.

Результаты «разработочного» исследования непосредственно используются для достижения поставленной цели — они служат исходным «материалом» для придания создаваемому изделию заранее заданных свойств. Задача исследователя при разработке состоит в том, чтобы сначала определить те свойства, какие технический объект должен иметь в конкретных условиях, а затем синтезировать объект с этими свойствами. В процессе исследования технических систем при разработке можно выделить такие укрупненные этапы, как постановка задачи исследования, выбор критерия оптимальности, составление логической и математической моделей, решение задачи на ЭВМ, анализ результатов, принятие решения.

Одним из наиболее действенных методов исследования при разработке является математическое моделирование (вычислительный эксперимент). Создание математической модели как совокупности зависимостей, воспроизводящих состав и связи элементов будущего технического средства, представляет собою важнейшее звено разработочного исследования. Математическая модель по существу представляет собою математическую структуру, в которой реальные предметы и связи между ними заменены абстрактными объектами и математическими отношениями. Составление математической модели является сложной научной процедурой и имеет эвристический характер.

Следует обратить внимание на особенности натуральных экспериментов при разработке. Они являются не только средством проверки опытных образцов. Чрезвычайно важны эксперименты, предваряющие математическое моделирование и подготавливающие для этого исходные данные. Уяснение физической сущности явления представляет собой обязательную предпосылку составления математического описания. Сочетание вычислительного и натурального экспериментов является залогом успешного проведения разработочного исследования.

Вся исследовательская деятельность при разработке, направленная на оптимизацию технического объекта, протекает как процесс последовательного приближения, при котором исходными данными для последующих процедур являются результаты предыдущих процедур. Используя метод итераций, получают результат, удовлетворяющий задаваемым условиям.

Таким образом, в период НТР имеет место качественное изменение роли науки в производстве: включение науки в сам процесс разработки конструкции технических средств, органическое взаимодействие науки и практики, — в отличие от заимствования и использования ранее полученных научных идей и данных, характерных для предшествующего периода. Новый характер научного воздействия на производство, новое научно-техническое содержание связи науки с производством повлекли за собой поиск адекватных организационных форм взаимодействия, который привел как к созданию и укреплению исследовательской базы предприятий, так и к организации специальных учреждений типа научно-производственных объединений.

Литература

1. Брежнев Л. И. Речь на Пленуме ЦК КПСС 21 октября 1980 г. — Коммунист, 1980, № 16.
2. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981.
3. Ямпольский С. М. Экономические проблемы управления научно-техническим прогрессом. — В кн.: Ускорение процесса «исследование — производство». М., 1979.

4. Материалы для истории Академии наук. Т. III. Спб., 1886.
5. *Нартов А. К.* Театрум махинарум, то есть ясное зрелище махин. 1755. Гос. публичная библиотека им. М. Е. Салтыкова-Щедрина. Эрмитажное собрание, № 160.
6. *Стодола А.* Паровые турбины и будущее тепловых двигателей. Спб., 1904.
7. *Вышнеградский И.* Вейсбаха Ingenieur und Maschinen Mechanik.—Ж. Главн. упр. путей сообщения и публичных зданий, 1859, т. 29, кн. 2—3, отд. III. Спб., 1859.
8. Научно-исследовательские институты тяжелой промышленности. М.—Л.: ОНТИ, 1935.

ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ФИЛДСА

М. И. МОНАСТЫРСКИЙ

Раз в четыре года проводятся международные математические конгрессы. И каждый раз вот уже более сорока лет на торжественной церемонии открытия после вступительной речи президента конгресса слово предоставляется председателю Филдсовского комитета для сообщения о присуждении высшей награды Международного математического союза — медали Филдса*.

Авторитет премии завоевывается годами. Достаточно вспомнить Нобелевские премии. Просматривая список лауреатов, например, по физике, мы видим в нем авторов наиболее ярких открытий в физике XX столетия. Можно вспомнить, правда, отдельные случаи, когда были обойдены некоторые известные физики; тем не менее авторитет нобелевского лауреата необычайно высок и почти все крупнейшие открытия были отмечены. К сожалению, Альфред Нобель в своем завещании не включил математику в число достойных награждения наук.

На конгрессе математиков в Торонто (Канада) в 1924 г. Дж. Ч. Филдс предложил учредить премии за выдающиеся достижения в математике. Реализация этой идеи оказалась далеко не простой. Лишь в 1932 г. энергичная деятельность Филдса принесла свои плоды. Были преодолены финансовые проблемы и скептическое отношение к этой идее ряда математиков и математических обществ. В начале 1932 г. Филдс составил меморандум, в котором подробно охарактеризовал статут новой премии. В своем меморандуме Филдс указал на основные особенности, отличающие новую премию: «Я особо подчеркиваю, что медаль должна быть интернациональна и объективна, насколько это возможно. Она ни под каким видом не должна включать упоминание о какой-либо стране, институте или личности». И действительно, на медали, в отличие от нобелевской, нет никакого упоминания о Филдсе. На ее ободке выгравирована лишь фамилия лауреата и год присуждения премии. Тем не менее и за премией, и за медалью вполне заслуженно закрепилось имя Филдса.

Незадолго до начала конгресса Филдс скончался. Часть своего состояния он завещал на организацию премии. На Цюрихском конгрессе меморандум Филдса был одобрен; было решено вручить первые премии на следующем конгрессе в Осло в 1936 г.

В меморандуме Филдса говорилось, что премия должна не только отмечать уже достигнутые результаты, но и стимулировать дальнейшую деятельность. Первым составом Филдсовского комитета эта фраза была истолкована как указание, что премии должны вручаться относительно молодым ученым.

Первые лауреаты были названы на конгрессе в Осло в 1936 г. Золотые медали и денежный приз (1500 долларов) были вручены двум американским математикам: Джесси Дугласу (р. 1897 г.) за решение задачи Плато и Ларсу Альфорсу (р. 1907 г.) за работу по теории римановых поверхностей.

Выбор первых лауреатов имел важное значение. Во-первых, обозначилась некоторая возрастная граница: в дальнейшем все лауреаты были не старше 40 лет. Во-вторых, при отборе кандидатур в дальнейшем учитывалось как решение конкретных трудных

* *Дж. Ч. Филдс* (1863—1932) — проф. математики университета Торонто, президент Канадского королевского института, член Лондонского королевского общества (1913), член-кор. Российской академии наук (1924), много сделавший для возобновления международных математических связей, прерванных первой мировой войной.