

О ПСИХОЛОГИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Г. С. АЛЬШУЛЕР и Р. Б. ШАПИРО

(г. Баку)

Исследование психики человека, совершенствующего средства труда, имеет большое значение для изучения и понимания закономерностей технического творчества — основы технического прогресса.

К сожалению, между огромным значением технического творчества и тем вниманием, которое до сих пор уделялось ему в психологической науке, имеется очевидный разрыв. Достаточно сказать, что единственная монография по этому вопросу в советской психологической литературе — книга П. М. Якобсона «Процесс творческой работы изобретателя» — была опубликована еще в 1934 г. [7]. В связи с отсутствием других исследований книга П. М. Якобсона, несмотря на неверные исходные положения автора, оказала и продолжает оказывать серьезное влияние на изложение вопросов психологии технического творчества в курсах общей психологии, в монографиях, посвященных организации труда научных работников и, наконец, в научно-популярной литературе.

В основу этой работы положена выдвинутая еще Д. Росманом [8] формально-хронологическая система классификации стадий творческого процесса.

Вместо того чтобы исследовать внутренние закономерности творческой работы изобретателя, Д. Росман и П. М. Якобсон ставят знак равенства между такими различными по своей психологической природе процессами, как стадия поисков решения и стадия технического оформления изобретения. Вызвано это тем, что ни Д. Росман, ни П. М. Якобсон не вскрыли особенностей технического творчества вообще и изобретательского творчества в частности. Остались нерешенными основные принципиальные вопросы психологии изобретательского творчества, вместо исследования которых авторы оперировали такими лишними конкретными содержаниями наименованиями, как «озарение», «просветление», «догадка», «зарождение», «вынашивание» и т. д.

С тех же неверных позиций написаны соответствующие разделы монографии К. Г. Воблого «Организация труда научного работника». «На предварительной стадии творческого процесса,— пишет К. Г. Воблый,— можно различать такие этапы — подготовку, вынашивание, созревание и озарение. В ежедневном потоке мыслей эти этапы часто перекрываются» [2; 123—124]. Небезынтересно отметить, что этот «анализ» отнюдь не является шагом вперед по сравнению со сделанным еще свыше 50 лет назад высказыванием Т. Рибо: «Когда эта скрытая работа в достаточной степени выполнена, идея решения является внезапно, вследствие умышленного умственного напряжения или при каком-нибудь умственном замечании, как бы поднимающем завесу, за которой скрывался образ предполагаемого решения» [5; 228].

В основе этих взглядов лежит выдвинутая еще А. Бэном теория «конструктивного интеллекта», сводящая все многообразие процессов технического творчества к «мысленному эксперименту», ведущемуся по «правилу проб и ошибок». Влияние этой теории проявилось даже в таком капитальном труде, как «Основы общей психологии» С. Л. Рубинштейна: «Когда точка, требующая рационализации, изменения, введения чего-то нового, найдена, замечена, осознана и как бы засела в сознании изобретателя, начинается своеобразный процесс стягивания к этой точке и вбирания в нее самых различных наблюдений и всевозможных знаний, которые приходят ему на ум: все эти наблюдения и факты как бы примеряются к центральной точке и соотносятся с задачей, владеющей мыслью изобретателя, и в голове его возникает множество иногда самых неожиданных сопоставлений» [6; 576].

В то же время С. Л. Рубинштейн впервые правильно указал на характерные особенности изобретательского творчества: «Специфика изобретения, отличающая его от других форм творческой интеллектуальной деятельности, заключается в том, что оно должно создать вещь, реальный предмет, механизм или прием, который разрешает определенную проблему. Этим определяется своеобразие творческой работы изобретателя; изобретатель должен ввести что-то новое в контекст действительности, в реальное протекание какой-то деятельности. Это нечто существенно иное, чем разрешить теоретическую проблему, в которой нужно учесть ограниченное количество абстрактно выделенных условий. При этом действительность исторически опосредствована деятельностью человека, техникой: в ней воплощено историческое развитие научной мысли. Поэтому в процессе изобретения нужно исходить из контекста действительности, в который требуется ввести нечто новое, и учесть соответствующий научный контекст. Этим определяется общее направление и специфический характер различных звеньев процессе изобретения» [6; 575].

Это определение, однако, не вполне точно. Ибо, например, и архитектору приходится создавать «реальный предмет», вносить нечто новое «в контекст действительности» и учитывать при этом «соответствующий научный контекст». В силу этой неточности очень плодотворная и ценная мысль фактически прошла незамеченной: в широко распространенных школьных учебниках и поныне говорится только о творчестве «вообще».

Психология творчества является одним из наиболее слабо разработанных разделов психологической науки.

Творчество — сложный процесс, закономерности которого многообразны и трудноуловимы. Но специфика изобретательского творчества в известной степени упрощает задачу исследователя. Результаты творчества в искусстве зависят не только от объективной реальности, которую отражает произведение искусства, но и от мировоззрения автора, от его эстетических идеалов и от многих, даже случайных, причин. Изобретательское же творчество связано с изменением техники, развивающейся по определенным законам. Создание новых средств труда должно, независимо от субъективного к этому отношения, подчиняться объективным закономерностям. Отображение в искусстве, вообще говоря, может во многом отрываться от действительности (например, в сказках, легендах, мифах). Всякая же техническая задача не может быть решена иначе, как в соответствии с законами науки и в зависимости от закономерностей развития техники.

Исследование психологии изобретательского творчества не может вестись в отрыве от изучения основных закономерностей развития техники. Деятельность изобретателя направлена на создание новых техниче-

ских объектов, изобретатель — участник технического прогресса. Поэтому психология изобретательского творчества становится понятной только при глубоком знании законов развития техники. Сказанное, конечно, не означает, что исследователь должен заниматься только изучением механизма технического прогресса. Свообразие психологии изобретательского творчества как научной дисциплины заключается в необходимости одновременно учитывать объективные закономерности технического развития и субъективные, психологические факторы. Психология изобретательского творчества прежде всего — отдел психологической науки. Поэтому в центре ее внимания — психическая деятельность изобретающего человека, человека, совершенствующего и дополняющего технику. Психология изобретательского творчества служит мостом между субъективным миром психики человека и объективным миром техники и поэтому должна в изучении изобретательского творчества учитывать закономерности развития техники.

Процесс создания изобретения имеет две стороны: материально-предметную и психическую. Для выявления материально-предметной стороны изобретательства необходимо знание истории развития техники, понимание основных закономерностей технического прогресса. Изучение материалов по истории техники, анализ конкретных изобретений являются одним из важнейших источников психологии изобретательского творчества.

Для выявления психологических закономерностей изобретательства необходимо систематическое наблюдение за процессом творческой работы изобретателей, обобщение опыта новаторов, экспериментальное исследование процесса изобретательского творчества путем постановки опытов в условиях, максимально приближенных к действительным.

Работа в этом направлении велась нами с 1948 г. Были изучены многочисленные материалы по истории техники, обширная мемуарная литература, относящаяся к работе крупных изобретателей. Систематически изучались описания изобретений, входящих в Свод изобретений Советского Союза, а также патентная литература зарубежных стран. Особое внимание было уделено обобщению опыта новаторов передовых предприятий советской промышленности. Нами были использованы также результаты собственных наблюдений за творческой работой изобретателей и рационализаторов нефтяной промышленности Азербайджана. Полученные выводы подвергались практической проверке на двух машиностроительных заводах, на крекинг-заводе имени Вано Стурца и на промысле № 8 Нефтепромыслового управления «Лениннефть».

Для правильного уяснения полученных выводов необходимо ознакомление с основными закономерностями развития техники. Эти закономерности сложны и многообразны. Так как их изложение не входит в задачу нашей статьи, ограничимся лишь сведениями, необходимыми для понимания сущности творческого процесса.

К. Маркс в «Капитале» дал структурно-функциональную характеристику машин: «Всякая развитая совокупность машин (entwickelte Maschinerie) состоит из трех существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец, машины-орудия, или рабочей машины. Машина-двигатель действует как движущая сила всего механизма. Она или сама порождает движущую силу, как паровая машина, calorическая машина, электромагнитная машина и т. д., или получает импульс извне, от какой-либо готовой силы природы, как водяное колесо от падающей воды, крыло ветряной мельницы от ветра и т. д. Передаточный механизм ... регулирует движение, изменяет, если это необходимо, его форму, напр. превращает из перпендикулярного в круговое, распределяет его и

переносит на рабочие машины. Обе эти части механизма существуют только затем, чтобы привести в движение рабочую машину, благодаря чему последняя захватывает предмет труда и целесообразно изменяет его» [1: 378—379].

Между главными составными частями машины — рабочим органом, передаточным механизмом (трансмиссией) и двигателем — имеется определенное соотношение, ибо все эти части находятся в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности. Биологам давно известен закон, который Дарвин назвал законом соотношения роста и развитие отдельных частей органического существа всегда связано с изменением других его частей. Этот закон есть частный случай известного положения марксистской диалектики о всеобщей взаимосвязи явлений. Взаимообусловленность отдельных составных частей машины в процессе ее развития — другой частный случай всеобщего закона диалектики.

Наличие взаимосвязи между главными составными частями машины приводит к тому, что развитие той или иной части оказывается возможным только до определенного предела — пока не возникнут противоречия между измененной частью машины и оставшимися без изменений другими ее частями. Так, например, даже простое «увеличение размеров рабочей машины и количества ее одновременно действующих орудий требует более крупного двигательного механизма... Уже в XVII веке была сделана попытка приводить в движение два бегуна и два же постава посредством одного водяного колеса. Но увеличение размеров передаточного механизма вступило в конфликт с недостаточной силой воды...» [1: 382—383]. Противоречия, возникшие между отдельными частями машины, являются тормозом общего развития, ибо дальнейшее усовершенствование машины невозможно без внесения изменений в соответствующие ее части, без коренного улучшения их свойств.

Приведем основные факты из истории велосипеда. В 1813 г. австрийский лесничий Дрез построил «беговую машину» — прообраз современного велосипеда. В Западной Европе не были известны сконструированные замечательными русскими механиками Л. Шамшуренковым и И. П. Кулибиным самодвижущиеся экипажи, и у первых велосипедов Дреза отсутствовало то, что имели экипажи русских изобретателей, — трансмиссия; при езде необходимо было отталкиваться ногами от земли. Без трансмиссии дальнейшее усовершенствование рабочих органов (колес) и органов управления не имело смысла и, таким образом, получилась забавная игрушка, а не средство передвижения. Только введение педалей, насаженных на ось переднего колеса, открыло возможности для усовершенствования велосипеда. Педали позволили увеличить скорость движения, но с увеличением скорости возросла и опасность езды, обусловленная несовершенством органов управления. Изобретение тормоза (1845 г.) устранило препятствие; оказалось возможным дальше развивать рабочий орган, увеличивая диаметр ведущего колеса и тем самым увеличивая расстояние, проходимое велосипедом за один оборот педалей. Диаметр переднего колеса из года в год увеличивается: появляются велосипеды-«пауки» с огромным передним колесом. Наконец, количественный путь развития исчерпал свои возможности: дальнейшее увеличение диаметра ведущего колеса резко увеличивало опасность езды на велосипеде. Возникшее противоборство было устранено изменением трансмиссии — применением цепной передачи, позволившей получить высокую скорость не за счет большого диаметра колеса, а путем увеличения числа оборотов. Усовершенствование трансмиссии вновь открыло простор для развития рабочих органов: в 1890 г. были введены пневматики. Вызванное этим увеличение скорости движения обусловило необходимость нового изменения трансмиссии —

применения механизма свободного хода. Так был создан современный велосипед.

Даже беглый очерк истории его развития позволяет сделать следующие выводы:

1. Отдельные элементы машины, механизма, процесса всегда находятся в тесной взаимосвязи.

2. Развитие происходит неравномерно: одни элементы обгоняют в своем развитии другие, отстающие.

3. Планомерное развитие системы (машины, механизма, процесса) оказывается возможным до тех пор, пока не возникнут и не обострятся противоречия между более совершенным элементом системы и отстающими ее частями.

4. Это противоречие является тормозом общего развития всей системы. Устранение возникшего противоречия и есть изобретение.

5. Коренное изменение одной части системы вызывает необходимость ряда функционально обусловленных изменений в других ее частях.

Следовательно, каждое творческое решение новой технической задачи — независимо от того, к какой области техники она относится, — включает три основных момента:

1. Постановка задачи и определение противоречия, которое мешает решению задачи обычными, уже известными технике путями.

2. Устранение причины противоречия с целью достижения нового — более высокого — технического эффекта.

3. Приведение других элементов усовершенствуемой системы в соответствие с измененным элементом (системе придается новая форма, соответствующая новой сущности).

Сообразно с этим процесс творческого решения новой технической задачи обычно включает три — отличные по цели и методу — стадии, которые мы условно назовем аналитической, оперативной и синтетической.

Аналитическая стадия имеет целью анализ развития данной машины, механизма, процесса (или в более широком случае — отрасли техники) для выявления основного на данном этапе противоречия и определения непосредственной (физической, химической и т. п.) причины этого противоречия. Оперативная стадия заключается в систематическом и целесобразно направленном исследовании возможных способов устранения обнаруженной причины противоречия. Синтетическая стадия направлена на внесение в остальные элементы системы дополнительных изменений, вытекающих из найденного способа устранения данного технического противоречия.

Творческая работа изобретателя начинается уже на первом этапе аналитической стадии — при выборе задачи. Совершенно ошибочно мнение С. Л. Рубинштейна о том, что изобретатель должен выработать тенденцию присматриваться к тому, что «можно изменить, переделать, улучшить». Изменить и улучшить можно все без исключения орудия и средства техники — ничего неизменяемого нет. Задача изобретателя заключается не в механическом выборе темы, на которую случайно упал взгляд, а в творческом исследовании динамики развития определенной системы и в выявлении решающей на этом этапе проблемы, являющейся тормозом общего развития.

Особенно типично это для советского изобретательства, которое связано с плановым производством. Современное производство, в особенности специализированное, состоит из ряда последовательных и взаимосвязанных процессов. Общая производственная мощность предприятия обычно ограничивается одним из этих процессов — «узким местом» всего про-

изводства. Когда изобретатели бессистемно занимаются всем, что «можно изменить, переделать, улучшить», на отдельных участках производства образуется излишний запас производственной мощности, который остается неиспользованным из-за «узкого места», тормозящего общее развитие.

Значительный интерес представляет опыт работы изобретателей и рационализаторов Бакинского завода металлической нефтетары. Производственный процесс на этом заводе требует согласованной работы всех цехов. Первоначально рационализация производства велась здесь каждым новатором на своем производственном участке. При этом, несмотря на большое количество внедренных новшеств, общая производственная мощность завода почти не возрастала. Так, например, рационализаторы сварочного цеха внесли существенные улучшения в конструкцию автоматических сварочных станков. Это позволило ускорить процесс сварки. Когда станок работал, в единицу времени выпускалось большее количество продукции. Но одновременно возросли и простои станка, обусловленные тем, что производительность заготовительного отделения осталась прежней. В связи с этим в начале 1948 г. было проведено систематическое обследование завода для выявления «узких мест», задерживающих развитие всего производства. Это позволило выявить и сформулировать наиболее актуальные задачи, на планомерное и последовательное решение которых были в дальнейшем направлены усилия всего коллектива изобретателей и рационализаторов. В результате за период с 1948 по 1955 г. производительность труда на заводе увеличилась в 8 раз.

Второй этап аналитической стадии — выявление основного звена задачи. При решении каждой конкретной технической задачи необходимо из всех характеристик машины, механизма, процесса выбрать ту характеристику (звено), изменение которой необходимо и достаточно для достижения требуемого технического эффекта.

Классическим примером правильного выявления основного звена задачи может служить работа известного английского изобретателя Джемса Уатта над созданием усовершенствованной паровой машины. Поставив задачу создать такую машину, Уатт детально проанализировал все характеристики существовавших в тот период паровых двигателей. Эти двигатели имели ряд существенных недостатков: громоздкость и взрывоопасность котельной установки, огромные потери тепла в цилиндре двигателя, несовершенство трансмиссии. Уатт правильно выделил главное звено задачи — уменьшение тепловых потерь в цилиндре двигателя и, следовательно, повышение общего коэффициента полезного действия всей машины. Достигнутое Уаттом улучшение этой характеристики позволило создать паровую машину достаточно высокой мощности. В дальнейшем Уатт поставил новую задачу — сделать паровую машину универсальным двигателем. Мощность усовершенствованной паровой машины вполне отвечала требованиям практики. И поэтому основным звеном стало теперь усовершенствование трансмиссии, которая была приспособлена только к передаче редко используемого на практике возвратно-поступательного движения. Изменением этого основного звена задачи, созданием трансмиссии, способной передавать круговое движение, Уатт достиг требуемой универсальности двигателя.

Выбор задачи и определение ее основного звена — лишь первая половина аналитической стадии творческого процесса. При попытке решения задачи уже известными техническими средствами возникают противоречия, препятствующие достижению требуемого технического эффекта. Выявление решающего противоречия — третий этап аналитической стадии. Так, например, попытка увеличить коэффициент полезного действия котельной установки введением дополнительных экранов и экономайзеров

приводит к утяжелению агрегата и увеличению расхода металла на его строительство. Пытаясь обычными приемами улучшить один из показателей, мы одновременно ухудшаем другие показатели: «В некоторой мере стремление к уменьшению этого веса (экономия металла) и стремление к увеличению к. п. д. (экономия топлива) противоречат друг другу. Разрешение этого противоречия является одним из важнейших факторов прогрессивного развития котельной техники...» [4; 146].

Выявленное противоречие, очевидно, является следствием определенных причин. Задача последнего — четвертого — этапы аналитической стадии творческого процесса — определение непосредственной (механической, химической и т. д.) причины противоречия. Приведем пример. Последняя стадия заводского изготовления циферблатных приборов — проверка их сравнением с выверенным эталонным образцом. Приборы ставятся рядом и контролер проверяет совпадение показаний в нескольких точках шкалы. Очевидно, что для увеличения точности контроля необходимо брать возможно большее число контрольных точек, а это приводит к снижению темпов проверки, к уменьшению производительности труда контролера. Желая выиграть в точности, мы проигрываем в скорости контроля. Непосредственной причиной противоречия является физическая невозможность совместить шкалы двух приборов: контролеру приходится переводить взгляд с одного прибора на другой, а нужно видеть одновременно оба. В данном случае противоречие устраняется введением бинокулярной системы, оптически совмещающей циферблаты приборов и позволяющей быстро и точно проверять совпадение показаний обоих приборов на протяжении всей шкалы.

Аналитическая стадия — наиболее «логизированная» часть творческого процесса. У опытного изобретателя она представляет собой логическую последовательность суждений, исходной точкой которых являются исторические, статистические, технические, экономические и иные факты. И лишь в редких случаях, когда на каком-то этапе оказывается недостаточно фактического материала, приходится ставить немногочисленные и всегда целенаправленные эксперименты.

Вместе с тем аналитическая стадия — чрезвычайно важная часть творческого процесса. Во многих случаях правильно проведенный анализ позволяет сразу же устранить причину технического противоречия или предельно облегчает следующую — оперативную — стадию процесса творчества.

Что определяет успех творческой работы на ее аналитической стадии? Знание исследуемой области техники, понимание диалектических законов ее развития, наличие всех необходимых для анализа фактических сведений и умение вести логический анализ. Следовательно, для развития изобретательских способностей нужна постоянная тренировка аналитических навыков. Перед тем как перейти к операциям на живых людях, хирург длительное время тренируется в анатомическом театре. Точно так же изобретатель должен систематически анализировать сделанные ранее изобретения. Очень важно и знание истории техники, умение представить каждую отрасль техники в изменении и развитии. Наконец, важен и самый объем технических знаний — объем наличного фактического материала.

Вторая часть творческого процесса — оперативная стадия — во многом отлична от первой. В большинстве случаев оперативная стадия представляет собой сочетание логических операций с операциями нелогическими. Здесь изобретателю приходится искать, пробовать, или, пользуясь старым и не совсем точным термином, вести «мысленный эксперимент», который — это нужно подчеркнуть — преобладает только на

оперативной стадии творчества. И главное, он ведется отнюдь не бессистемно. Если бы «мысленный эксперимент» представлял собой «процесс стягивания к этой точке и вбирания в нее самых различных сведений» (С. Л. Рубинштейн), то творческое решение каждой технической задачи требовало бы многих лет. Работа на оперативной стадии творческого процесса каждым более или менее опытным изобретателем ведется планомерно. У изобретателей в результате длительной практики постепенно складывается своя, часто не вполне осознанная, но объективно рациональная система поисков. Аналитическая стадия творческого процесса во многом упрощает эти поиски: изобретатель ищет не абстрактную «идею», а конкретные способы устранения конкретного технического противоречия.

✓ По нашему мнению, наиболее рациональна та система, при которой поиски способа устранения причины технического противоречия ведутся в следующей последовательности:

1. Исследование типичных приемов решения (прообразов):
 - а) использование природных прообразов, б) использование прообразов из других областей техники.
2. Поиски новых приемов решения путем изменений:
 - а) в пределах системы, б) во внешней среде, в) в сопредельных системах.

При такой последовательности поиски идут от простого к сложному, что позволяет получить правильные решения с минимальной затратой усилий и времени.

Во многих случаях технические противоречия, с которыми приходится сталкиваться в процессе творческой работы, имеют прямые аналогии в природе и технике. Поэтому целесообразно прежде всего исследовать аналогичные противоречия и типичные способы их устранения. Часто это позволяет использовать природные или технические прообразы для устранения причины данного технического противоречия.

Приведем примеры. В период первой мировой войны на кораблях начали применять гидрофоны — приборы для прослушивания шума винтов подводных лодок. Эти гидрофоны можно было использовать только остановив корабль или сильно замедлив его ход; звуки, создаваемые потоком воды у приемного отверстия гидрофона, заглушали все остальное. Один из инженеров, работавших над усовершенствованием гидрофона, знал, что тюлени прекрасно слышат даже на самом быстром подводном ходу. По предложению этого инженера был построен гидрофон с приемным отверстием, аналогичным по форме ушной раковине тюленя. В результате слышимость значительно улучшилась, оказалось возможным использовать гидрофоны и при движении корабля.

В 1933 г. в СССР было изобретено приспособление для беспарашютного сбрасывания грузов с самолета (авторское свидетельство № 41356). При решении задачи изобретатель использовал известное свойство семян клена, которые при падении выравниваются и медленно планируют, совершая вращательное движение. Построенное им приспособление, воспроизводящее форму кленового семени, при сбрасывании с самолета плавно опускалось, вращаясь вокруг своего центра тяжести.

Типичным примером использования технических прообразов является работа конструктора Е. В. Костыченко (машиностроительный завод) над решением проблемы повышения износоустойчивости клапанов глубинных насосов. Глубинные насосы, которыми добывается нефть из скважин, быстро выходят из строя в связи с тем, что клапаны истираются песком, содержащимся в нефти. Попытки повысить срок службы клапанов применением твердых сплавов не дали положительных результатов: износо-

устойчивость клапанов повышалась, но одновременно резко возрастали трудности обработки и изготовления таких клапанов, повышалась их стоимость. Для устранения этого противоречия Е. В. Костыченко использовал прием, известный в другой отрасли машиностроения. Уже давно при обработке металлов применяют самозатачивающиеся резцы, в которых наружные слои выполнены из мягкого металла. При работе эти слои равномерно стачиваются и общая форма режущей кромки сохраняется. Выполнив некоторые детали клапана из мягкого металла, изобретатель добился того, что истирание их происходит равномерно, в результате чего форма клапана сохраняется даже в тех случаях, когда детали уже работают на 9/10. В настоящее время на нефтяных промыслах работают свыше 100 тысяч насосов с клапанами Е. В. Костыченко.

Использование природных или технических прообразов не может, конечно, ограничиваться простым копированием. Природные и технические прообразы представляют собой результат длительного и непрерывающегося развития. Заимствуя у природы и техники то или иное решение, изобретатель развивает его, доводя до логического завершения.

В тех случаях, когда исследование природных и технических прообразов не дает положительного результата, изобретатель переходит к следующему этапу оперативной стадии — поискам новых приемов решения. При этом исследуются, прежде всего, возможные изменения в самой системе. Это — обычная группа наиболее простых изменений. В ряде случаев для устранения причины технического противоречия достаточно изменить лишь размеры, материалы, порядок взаимосвязи отдельных частей системы. Типичный пример — создание врубовой машины с удлиненным баром. Стандартный бар, которым врубовая машина производит вырубку угольного пласта, имеет длину 2 м. Отбойка угля при этом осуществляется при помощи взрывчатых веществ. При благоприятных геологических условиях оказывается возможным применять врубовые машины с баром длиной 3—5 м. Увеличение глубины вруба приводит к тому, что уголь обрушивается вслед за движением врубовой машины; оседающая уголь разбивается на крупные транспортабельные куски. Количественное изменение — увеличение длины бара — дает, таким образом, новый качественный эффект: устраняется необходимость в буро-взрывных работах.

Значительную группу составляют изменения во внешней среде. При исследовании целесообразности внесения таких изменений изобретатель должен изучить внешнюю — для данной системы — среду с ее влиянием на систему. В частности, следует рассмотреть возможность изменения параметров среды (например, давления, температуры, скорости движения) или замены данной среды другой, обладающей более благоприятными характеристиками. Нередко простой переход от одной среды к другой или введение в среду дополнительных компонентов приводит к успешному решению задачи. Так, например, при изготовлении бетона в обычных бетономешалках, в бетонной массе, даже при длительном перемешивании остается значительное количество мелких воздушных пузырьков, снижающих прочность бетона. В связи с этим был предложен так называемый вакуумный способ приготовления бетона. В вакуумных бетономешалках бетонная масса перемешивается в разреженной среде, создаваемой внутри барабана. Количественное изменение одного из параметров (давления) внешней среды дает новый качественный эффект: прочность бетона увеличивается вдвое.

Техническое противоречие может быть устранено также путем внесения изменений в определяющие системы, в смежные части машины, в другие стадии процесса. Иногда достаточно простого установления взаимосвязи между ранее независимыми процессами. Известно, например, что

для освещения на современных киностудиях используется в основном постоянный ток. Вызвано это тем, что частота съемки (24 кадра в 1 сек.) не совпадает с частотой промышленного переменного тока (50 периодов в 1 сек.). При питании светильников переменным током открытие затвора объектива кино съемочного аппарата может совпасть с минимумом освещенности, в результате чего часть кадров получится затемненной. Выдержка при съемке каждого кадра составляет обычно $1/1000$ сек., поэтому только 2.4% световой энергии, падающей на объектив, используется полезно. Если питать безынерционные светильники токовыми импульсами, синхронными и синфазными вращению шторки объектива, то свет будет включаться только в те моменты, когда объектив открыт. Артисты же будут видеть значительно ослабленный непрерывный свет, поскольку уже при 10—16 импульсах в секунду человеческий глаз воспринимает световой поток как непрерывный. Установление взаимосвязи между работой кино съемочного аппарата и работой системы освещения дает новый технический эффект — резко сокращает расход электроэнергии и облегчает работу артистов.

Аналитическая стадия творческого процесса дает почти всегда один и тот же ответ, оперативная стадия такой однозначностью не отличается: одно и то же техническое противоречие может быть устранено различными путями. Поэтому на оперативной стадии эксперимент играет уже не второстепенную, а главную роль, являясь во многих случаях критерием для окончательного выбора того или иного способа, приема, схемы и т. д.

Хорошее знание природы, наблюдательность, знакомство со смежными областями техники, владение техникой эксперимента — таковы качества, необходимые для успешного проведения оперативной стадии творческого процесса.

Последняя — синтетическая — стадия творческого процесса включает четыре этапа: введение функционально обусловленных изменений в систему, введение функционально обусловленных изменений в методы применения системы, проверка применимости полученного принципа к решению других технических задач и оценка изобретения. Подобно аналитической, синтетическая стадия представляет собой, по преимуществу, цепь логических суждений, проверяемых при необходимости экспериментально.

Найденный способ устранения технического противоречия почти всегда обуславливает необходимость внесения в систему дополнительных изменений. Эти изменения имеют целью придать системе новую форму, соответствующую новому содержанию. Психологически переход к новой форме представляет для изобретателя значительные трудности. Это обусловлено тем, что каждая система (машина, механизм, процесс) связана в представлении человека с определенными старыми и привычными формами. Поэтому, даже изменив сущность системы, изобретатель зачастую сохраняет ее «традиционную» форму. Так, например, один из первых электродвигателей в точности воспроизводил по форме паровую машину: цилиндр был заменен электромагнитной катушкой, а поршень — металлическим стержнем, который при переключении тока совершал возвратно-поступательное движение. При помощи кривошипно-шатунного механизма это движение, как и в паровых двигателях, преобразовывалось затем во вращательное движение. Лишь впоследствии были созданы электродвигатели с вращающимся ротором, который исключал надобность в кривошипно-шатунном механизме.

Следующий этап синтетической стадии творческого процесса — внесение изменений в методы применения системы. Создание всякой новой

системы (или изменение старой системы) обуславливает необходимость отыскания новых методов ее практического использования. Приведем пример, ставший классическим. Раньше забойщики в угольных шахтах отбивали уголь вручной, обушкой. Периодически они прекращали отбойку и производили крепление выработочного пространства. В начале 30-х годов на шахтах появились пневматические отбойные молотки — мощное средство отбойки угля. Однако методы работы остались старыми: забойщик по-прежнему периодически откладывал молоток и занимался креплением. В результате нерациональных методов работы общий прирост производительности был невелик. Тогда был предложен новый метод организации труда: одна группа забойщиков непрерывно работала отбойными молотками, другая — вела крепление. Новый метод позволил полностью использовать высокую производительность отбойных молотков и увеличить добычу угля в десятки раз.

Несмотря на очевидную важность этого этапа творческой работы, изобретатели зачастую не уделяют ему должного внимания, предоставляя рационализаторам чисто эмпирически выработать наиболее эффективные методы использования нового изобретения. Как и на предыдущем этапе творческого процесса, это вызвано воздействием на психику изобретателя старых, ставших традиционными методов труда.

Третий этап синтетической стадии творческого процесса — проверка применимости найденного способа устранения технического противоречия к решению других технических задач. Иногда полученный принцип изобретения представляет собой даже большую ценность, чем само конкретное изобретение, и может быть успешно применен при решении других, более важных задач. На этом этапе особое значение имеет технический кружок изобретателя, его знакомство с другими областями техники, знание актуальных проблем различных отраслей производства.

Как известно, первый патент на железобетон был взят в 1867 г. французским садовником Монье. Не обладая достаточным техническим кругозором, Монье взял патент только на изготовление железобетонных цветочных кадок.

Последний этап творческой работы — оценка сделанного изобретения. Цель этого этапа — выявление соотношения между положительным техническим эффектом, даваемым изобретением, и затратами, необходимыми для его реализации. Ценность сделанного изобретения находится в прямой зависимости от величины этого отношения. В частности, при наличии нескольких вариантов решения, полученных на оперативной стадии, окончательный выбор наилучшего варианта производится в связи с оценкой изобретений. На этом же этапе изобретатели обычно анализируют сделанную работу, стремясь выявить допущенные ошибки и осмыслить новые творческие приемы, использованные при решении задачи.

Общий ход творческого процесса иллюстрируется следующим примером. В 1949 г. Министерством угольной промышленности СССР был объявлен всесоюзный конкурс на создание холодильного костюма для горноспасателей, которые при тушении подземных пожаров работают в условиях высоких температур и отравленной атмосферы. В технических условиях конкурса было указано и на основное звено задачи — необходимость обеспечить длительное холодильное действие при небольшом весе костюма (8—10 кг). Последнее было обусловлено тем, что горноспасатель при работе должен нести на себе прибор для защиты органов дыхания (12—14 кг) и инструменты, а общая допустимая нагрузка на человека не должна превышать 28—29 кг.

Работа над созданием холодильного костюма была начата авторами настоящей статьи с выявления основного технического противоречия. Оно

заклучалось в следующем. Чтобы обеспечить достаточную продолжительность защитного действия костюма, необходимо стремиться к увеличению запаса холодильного вещества (льда, сухого льда, фреона и т. д.), а следовательно, повышать вес костюма. Стремление же к уменьшению веса костюма неизбежно вызывает сокращение длительности его действия. Таким образом, между двумя основными характеристиками (вес и продолжительность действия) существовало противоречие, которое нельзя было устранить приемами обычного конструирования. Анализ этого противоречия показал, что его причиной является низкий весовой предел, установленный условиями конкурса.

Исследуя способы устранения подобных противоречий, мы установили, что в других отраслях техники это часто достигается так называемым «методом совмещения функций»: на данную систему дополнительно переносятся функции другой системы, за счет устранения которой появляется возможность увеличить вес первой системы. В данном случае решение задачи достигалось передачей холодильному костюму функций аппарата для защиты органов дыхания. В результате этого общий допустимый вес такого комбинированного костюма мог быть повышен до 20—22 кг. Такая постановка вопроса предопределила выбор холодильного вещества: им мог быть только кислород, хранящийся в сжиженном состоянии. Охлаждение подкостюмного пространства достигалось испарением кислорода и его нагреванием, после чего кислород использовался для дыхания.

На синтетической стадии в систему были внесены функционально обусловленные изменения: в связи с большим запасом кислорода вместо круговой (регенеративной) системы дыхания, была применена открытая система (с выдохом в атмосферу), позволившая резко упростить конструкцию дыхательной части костюма. Были внесены изменения также и в методы использования костюма. В связи с тем, что вес костюма в процессе работы быстро снижается благодаря испарению кислорода, появилась возможность первоначально загружать костюм дополнительным количеством жидкого кислорода, тем самым увеличив продолжительность действия костюма.

Проекты, основанные на найденных принципах, получили по решению жюри конкурса первую и вторую премии [3].

Исходя из всего сказанного, схему творческого процесса можно представить в следующем виде:

I. Аналитическая стадия

1. Выбор задачи.
2. Определение основного звена задачи.
3. Выявление решающего противоречия.
4. Определение непосредственной причины противоречия.

II. Оперативная стадия

1. Исследование типичных приемов решения (прообразов):
 - а) в природе, б) в технике.
2. Поиски новых приемов решения путем изменений:
 - а) в пределах системы, б) во внешней среде, в) в сопредельных системах.

III. Синтетическая стадия

1. Введение функционально обусловленных изменений в систему.
2. Введение функционально обусловленных изменений в методы использования системы.

3. Проверка применимости принципа к решению других технических задач.

4. Оценка сделанного изобретения.

Надо сказать, что намечаемая нами схема может быть отнесена только к творческой работе опытного и высококвалифицированного изобретателя. В творчестве начинающего изобретателя, как правило, нет достаточной логической стройности суждений, большую роль играют случайности, удачные находки и т. д. И наоборот, великие изобретатели прошлого часто достигали высокого уровня творческого мастерства.

Изобретения могут делаться и в процессе научно-исследовательской работы. Так, например, открытие рентгеновских лучей и установление их свойств почти автоматически обусловили ряд технических изобретений, основанных на применении этих лучей. В данном случае в руках изобретателя сначала оказалось средство устранения многих технических противоречий и задача состояла в обратном: найти эти противоречия.

Приведенная нами схема является типичной, но не всеобъемлющей. Более того, даже в пределах применимости она носит приближенный характер. Нужно еще во многом уточнять, углублять, а кое в чем и изменять эту схему.

Для решения этой задачи необходимо дальнейшее исследование взаимосвязи между объективными законами технического прогресса и психическими процессами технического творчества. Необходимо, далее, систематическое изучение опыта рационализаторов и изобретателей, выявление и обобщение общих методов творческой работы.

Становление психологии изобретательского творчества как одного из разделов психологической науки невозможно без широкого применения экспериментального метода. Полученные выводы должны быть проверены не только на материале старых изобретений, но и экспериментально, ибо конечной целью психологии изобретательского творчества является практика: познанные закономерности должны быть использованы при разработке научной методики работы над изобретением.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. Маркс, «Капитал», т. I.
2. К. Г. Воблый, «Организация труда научного работника», 1948.
3. «Горноспасательные работы в шахтах при высоких температурах», Углетелестат, 1951, стр. 32.
4. «Общая теплотехника», под ред. Корнеевского, 1952.
5. Т. Рибо, «Творческое воображение», 1901.
6. С. Л. Рубинштейн, «Основы общей психологии», 1946.
7. П. М. Якобсон, «Процесс творческой работы изобретателя», 1939.
8. J. R o s s m a n, Psychology of the inventor, 1931.