

## МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТВОРЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Моделирование — один из методов познания (отражения) и преобразования мира, получивший особо широкое распространение с развитием науки, обусловившем создание новых типов моделей, раскрывающих новые функции самого метода (моделирование процессов и явлений микро-, макро- и мегамира, создание кибернетических и имитационных моделей, рождение системотехники и др.). Моделирование в качестве универсальной формы познания применяется при исследовании и преобразовании явлений в любой сфере действительности. По вопросам моделирования имеется обширная библиография<sup>143</sup>.

*Модель* есть аналог, заместитель исследуемого объекта А. И. Уемов определил модель как систему, «исследование которой служит средством получения информации о другой системе» В. А. Штофф под моделью понимает мысленно представляемую или материальную систему, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об объекте

При построении моделей должны соблюдаться правила, уловия подобия, или аналогии, репрезентации (замещения) и экстра полиции (возможности распространения полученных данных на исследуемый объект).

Модели делятся на материальные и идеальные (мысленные) Материальные модели исследуются в ходе материальных экспериментов. В отличие от натуральных экспериментов они называются модельными.

*Идеальные, или мысленные, модели* могут быть разделены на два класса: иконические, или образные (изображения различного вида), и знаковые (символические). К первым относятся чувственные образы, картины, кинофильмы, схемы, эскизы, чертежи, графики, карты, фотографии и т. д. К знаковым моделям относятся буквы и слова, различные математические, физические, химические и другие знаки (символы), из сочетания, формулы, уравнения и т. д.

Выделяют также статические и динамические модели, обобщающие и частные. Например, представления различной степени общности. Схема — другой яркий пример абстрактно-образной модели, обобщающе-конкретной модели, которая делает наглядным абстрактное понятие. Это свойство трудно выразить в понятии. Пожалуй, можно назвать его, используя термин Канта, трансцендентальным. Схема трансцендентальна. По мнению Канта, схема занимает промежуточное положение между образом и понятием и служит опорой для понятия. Никакой образ треугольника не соответствовал бы понятию о треугольнике вообще. Образ как будто никогда не достиг бы общности понятия. Схема треугольника существует только в мысли. В этом схематизм, подчеркивает Кант, нашего рассудка. «Он есть скрытое в глубине человеческой души искусство, настоящие приемы которого вряд ли когда-либо удастся угадать у природы и раскрыть»<sup>144</sup>

Схема есть единство конкретного и общего, форма выражения общего в конкретном образе, возникающего не на бумаге (чертеж треугольника), а в сознании как мысленный синтез. В сознании в подобных случаях, отмечал А. В. Славин, «вычленяется усредненный образ, инвариантный относительно всех преобразований»

Идеальные модели — и иконические, и символические — выступают как формы мышления, формы обобщения и абстрагирования, формализации и идеализации, как формы раскрытия сущности и закономерностей функционирования и развития вещей. Изображение треугольника, продолжим пример, является результатом абстрагирования (от величины сторон и углов, материала реальных вещей, имеющих форму треугольника, времени) и обобщения свойств геометрических фигур, которые мы относим к треугольникам. Модель — средство сделать абстрактное понятие наглядным «Схема треугольника не может существовать нигде, кроме как в мысли, и обозначает правило синтеза воображения в отношении чистых фигур в пространстве»<sup>145</sup>.

Модель обладает большой информативностью, большой информационной емкостью и точностью. Например, изложение информации, которая дается в рисунке, чертеже, фотографии и т. п. и легко из них извлекается, требует значительно большего времени при ее словесной передаче. Поэтому при затруднении при словесном описании какого-либо явления или процесса мы прибегаем к модели, рисунку, схеме и т. п.

Модель может фиксировать, моделировать одно свойство объекта, процесса или множество свойств, выражать их целостно, многомерно, системно, многокачественно, континуально, а также быть проектом новых вещей, не существующих ни в настоящем, ни в прошлом

<sup>143</sup> См. Штофф В. А. Моделирование и философия М., 1966, Уемов А. И. Логические основы метода моделирования М., 1971, Глинский Б. и др. Моделирование как метод научного исследования М., 1965, Славин А. В. Наглядный образ в структуре познания М., 1971, Моделирование и познание Минск, 1974, Ко ценно В.Н., Столяров Ю.С. Модель и машина М., 1981, Эксперимент Модель Теория М — Берлин, 1982, и др.

<sup>144</sup> Кант И. Соч. М., 1964. Т. 3. С. 223 и след.

<sup>145</sup> Кант И. Соч. Т. 3. С. 223 и след.

Анализ современной литературы по проблеме моделирования показывает, что в большинстве случаев исследуются модели одного класса, а именно модели свойств, структуры, функций и т. д. объектов, существующих в настоящем. Очевидно, что моделироваться могут и вещи, в настоящее время не существующие, но существовавшие в прошлом, или объекты, которые будут создаваться в будущем. Имея в виду этот момент, следует модель определять как аналог объекта в конкретном интервале времени В связи с этим можно выделить следующие классы моделей

модели, отражающие и воспроизводящие существующие в настоящем объекты,  
модели-ретро, модели-реконструкции существовавших в прошлом вещей,  
модели-прообразы, модели-проекты вещей будущего.

Существующие классификации моделей (деление моделей на статические и динамические, материальные и идеальные, последних — на иконические, символические и знаковые, различающиеся по объекту и способу моделирования — математические, физические, химический, биологические) сохраняются для моделей в любом временном интервале. На практике создаются модели всех трех классов, но в теоретическом анализе основные классы не выделяются, не рассматриваются их особенности.

Модели-ретро широко применяются во всех науках, особенно в различных исторических науках, в археологии, антропологии, палеонтологии, палеографии, палеогеографии, истории техники, в искусстве и т. д. Особенностью их создания является, как обязательное правило, ограниченность опорных для модели реконструктивных (позволяющих восстанавливать объект) элементов. Здесь широко используются общие и специфические законы (теория подобия, различного типа аналогии). Моделирование предмета осуществляется через выявление его функций, законов функционирования и развития. Основой является знание законов развития реконструируемых систем, или их класса, или подкласса, или более широкой группы, закономерностей развития имеющихся в распоряжении реконструктора элементов, понимание их функций. Например, по найденной кости можно дать характеристику ископаемого животного по целому ряду параметров — в системе категорий (т. е. какое положение в системе животного мир занимает данное животное, его принадлежность к типу, классу, отряду, семейству, роду, виду).

Известный естествоиспытатель Кювье, основываясь на принципах «корреляции органов» и «функциональной корреляции», разработал метод реконструкции ископаемых форм по немногим сохранившимся фрагментам скелета. По строению и размерам кости определяется ее принадлежность какому-либо органу, вес животного (какую нагрузку может выдержать кость и ее пропорциональное соотношение с другими костями, скелетом). По наличию в кости микроэлементов можно определить характер среды обитания, по содержанию золота можно определить родство животных. Законы наследственности (закон доминирования, закон расщепления, закон независимого наследования) позволяют определить генотип животного, рассчитать гормональную систему организма. Можно получить сведения о различных системах организма, в частности о суставах. Полнота полученных сведений в большой степени определяется эрудицией реконструктора, его мастерством.

Главной формой проверки истинности реконструктивного моделирования является сопоставление моделей и смоделированных элементов и их функций с последующими находками этих элементов как остатков реконструентов.

Модели-прообразы, модели-проекты создаются в процессе творческой деятельности. Особенности создания таких моделей раскрываются теорией творчества. При создании моделей-проектов идеальное преобразование предшествует материальному. Будущий объект (изобретение, конструкция дома, порядок застройки микрорайона и т. д.) вначале создается в виде идей, фиксированных с помощью чертежей, схем, описаний, т. е. мысленных моделей. За идеальной моделью следует создание материальной модели, на которой проверяется, удовлетворяет ли модель тем требованиям, которые предъявляются к создаваемому объекту. Модель-прообраз, модель-проект проверяется в ходе практической деятельности. Построение моделей будущего намного сложнее, чем моделей настоящего. Об этом свидетельствует множество возникших и отвергнутых моделей развития современного капитализма и социалистического общества, большое число неудачных различного типа экспериментальных установок, моделей новой техники, сложность ее внедрения, леса гипотез, окружающих любое изобретение или открытие.

Многие модели создаются путем идеализации. Идеализированные объекты являются предельными случаями тех или иных реальных объектов. К ним относятся, например, в геометрии абстракции: точка, прямая, плоскость; в физике абсолютный нуль, идеальный раствор или газ, абсолютно твердое тело и др. Идеальными моделями являются художественные образы, выраженные в различных формах, а также восприятия и представления..

Идеальные модели конструируются в голове, мозгу исследователя. Эти модели являются идеальными и тогда, подчеркивает В. А. Штофф, когда их элементы зафиксированы при помощи знаков, рисунков или других материальных средств, потому что все преобразования в них, все переходы в другое сочетание осуществляются мысленно, т. е. в сознании человека, опирающегося на определенную семантику и пользующегося логическими, математическими, физическими, химическими и т. д. правилами и законами. Без этого рисунки, чертежи, схемы, системы знаков лишаются смысла и вообще значения моделей как образов действительности<sup>146</sup>.

**Модель — одна из важнейших форм исследования гипотез.** Она органически связана с экс-

<sup>146</sup> См. Штофф В. А. Моделирование и философия

периментом, создается для исследования в эксперименте, не может быть понята вне связи с экспериментом.

Если материальная модель исследуется в материальном эксперименте, то мысленная, идеальная модель создается для исследования ее в мысленном эксперименте<sup>147</sup>. Последний — *форма мысленного оперирования*, мысленного действия с моделью, ее изменения, испытания в искусственно создаваемых условиях, *основная форма творческого мышления*.

Мысленный эксперимент характеризуется: 1) построением мысленной модели («квазиобъекта») объекта изучения; 2) мысленным построением условий, включая создание мысленных моделей «приборов», «орудий», «инструментов», воздействующих на модель исследуемого объекта; 3) сознательным и планомерным изменением условий и их воздействием на модель; 4) фиксированием изменения модели на основе знания объективных законов и фактов, установленных в науке, что позволяет избежать произвольных, необоснованных фантазий.

Роль и функции мысленного эксперимента долго не осознавались. Большое значение для понимания его специфики имели мысленные эксперименты Галилея.

При помощи мысленного экспериментирования с идеализированными предметами Галилей открыл физический принцип инерции, выраженный впоследствии Ньютоном в законе инерции. На протяжении тысячелетий считалось, что тело движется лишь под воздействием приложенной к нему силы. Открытие инерции показало, что в действительности картина принципиально иная.

«...Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения,— писали А. Эйнштейн, Л. Инфельд,— были одним из самых высших достижений в истории человеческой мысли, и оно отмечает действительное начало физики»<sup>148</sup>. Оно позволило понять великую миссию мысленного эксперимента.

В книге «Эволюция физики» Эйнштейн и Инфельд показывают, что все развитие физики, ее величайшие открытия, в том числе создание теории относительности и квантовой механики, были сделаны опираясь на идеализированный эксперимент. Эвристическая мощь мысленного эксперимента очевидна на примере открытий К. Э. Циолковского, В. Гейзенберга, Н. Бора, С. И. Вавилова и др.

Чрезвычайно поучительным для понимания мощи мысленного идеализированного эксперимента, позволяющего исследовать явления в предельно чистом виде, является пример исследования тепловых процессов, «механического эквивалента теплоты» Сади Карно (1796—1832), процесс которого описан в его книге «Размышление о движущей силе огня» (1824). Глубокий анализ значения этого исследования и примененных в ходе его форм и методов дает Ф. Энгельс в «Диалектике природы». Он отмечает, что Сади Карно «изучил паровую машину, проанализировал ее, нашел, что в ней основной процесс не выступает *в чистом виде*, а заслонен всякого рода побочными процессами, устранил эти безразличные для главного процесса побочные обстоятельства и сконструировал идеальную паровую машину... которую, правда, так же нельзя осуществить, как нельзя, например, осуществить геометрическую линию или геометрическую плоскость, но которая оказывает, по-своему, такие же услуги, как эти математические абстракции: она представляет рассматриваемый процесс в чистом, независимом, неискаженном виде»<sup>149</sup>.

Мысленный эксперимент является существенным и необходимым моментом не только научной, но и всякой иной творческой деятельности — деятельности техника, конструктора, изобретателя, художника, педагога, следователя и др. (см. работы А. П. Чернова, Г. С. Альтшуллера, Б. С. Мейлаха и др.).

**«Интеллектуальное видение».** Творческое мышление требует высокого развития способности мыслить абстрактно, мысленно оперировать и отвлеченными понятиями, и конкретными образами — моделями. В процессе мысленного эксперимента, в частности, необходимо предвидеть изменение модели под действием изменяющихся модельных условий. Чем сложнее и богаче модель и условия мысленного эксперимента, чем больше шагов последовательных изменений, тем сложнее фиксировать в уме весь комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных изменений модели и условий, тем сложнее их дискурсивный анализ. Способность мыслить абстрактно, пользоваться абстракциями все более высокой степени отвлеченности, совершать многоходовые мысленные операции с идеализированными мысленными объектами формируется и развивается в процессе онтогенеза и филогенеза человека.

Мы видим, например, как развивается способность абстрактного мышления у учащихся в процессе занятий математикой. Движение и переход от арифметики к алгебре, от планиметрии к стереометрии и тригонометрии, а затем к высшей математике связаны с развитием абстрактного мышления.

Очень выпукло проявляется это различие в развитии мышления в шахматном творчестве. Начинающий шахматист не в состоянии рассчитать многоходовую комбинацию, последствия своего хода, он видит не далее, чем на один-два хода вперед, учитывает лишь ограниченное количество ходов своих и противника и т. п.

Анализируя задачу, такой шахматист передвигает фигуры на доске, так как он плохо представляет себе изменение позиции после хода. В процессе тренировки, постоянных анализов позиций развивается способность видеть дальше, рассчитывать. Способность мысленного экспериментиро-

<sup>147</sup> См.: Чернов А. П. Мысленный эксперимент. М., 1975.

<sup>148</sup> Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1966. С. 14.

<sup>149</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 543—544.

вания развивается. Ход в сложной шахматной позиции — результат исследования, осуществленного путем множества мысленных экспериментов.

Трудности мысленного проследования многочисленных комплексных изменений, взаимодействий явлений, создания новых моделей, а также порождаемые ими частые просчеты, ошибки, нарушения законов, возможность «отлета» фантазии от действительности обуславливают постоянное стремление в процессе мышления опереться на наглядные образы. Оно проявляется прежде всего в иллюстрировании узловых моментов движения рассуждения конкретными примерами, схемами, чертежами, графиками различного рода моделями и т. д.

А. П. Чернов, наблюдая за деятельностью конструктора, отмечает, что в процессе конструирования в сознании человека возникают самые различные комбинации образов, человек совершает в уме массу опытов, представляет себе объекты мысли в разнообразных положениях, в динамичном отношении и взаимодействии

Результаты мысленного экспериментирования затем отображаются в серии черновых набросков, эскизов, схем, помогающих фиксировать добытое для дальнейшего анализа. «Однако отдельные чертежи, даже если их и очень много, не исчерпывают все\* проделанных конструктором мысленных опытов, так как в процессе работы графически отображаются лишь некоторые наиболее важные и трудные этапы мысленного оперирования... Графика... существенно облегчает весь процесс протекания умственного действия»<sup>150</sup>.

В реальном процессе мышления понятия и определения не функционируют в абсолютно чистом виде, в полной отрешенности от наглядности, чувственности. Особую роль в мышлении играют модели и мысленные эксперименты, поскольку модель как своеобразная форма абстракции, моделирование и мысленный эксперимент как специфические формы абстрактного мышления отличаются в то же время и наглядностью. Однако эта наглядность особого рода.

«Наглядность идеального объекта,— пишет Л. О. Вальт,—«не природная» наглядность представления о чувственно воспринимаемом объекте, а «вторичная» наглядность, результат возвращения в сферу чувственного содержания абстрактного мышления»<sup>151</sup>.

В. В. Орлов также отмечал, что «усиление абстрактности современной науки не приводит к утрате важной роли чувственного познания и наглядности образов. Удаление мышления от непосредственной наглядной основы вызывает одновременное усиление роли наглядного, но в видоизмененной форме. Утрата наглядной самоочевидности теоретических положений усиливает роль «абстрактной» наглядности — обобщенных наглядных образов, например геометрических, и, что особенно важно, особой формы отражения действительности — моделей, включающих в себя тот или иной момент наглядности»<sup>152</sup>.

Эта вторичная «наглядность» абстракции анализировалась и подчеркивалась многими философами, психологами, математиками (С. Л. Рубинштейн, В. Г. Ананьев, Я. А. Пономарев, С. А. Яновская, В. П. Бранский, Л. М. Веккер, М. Бунге и др.).

Обобщая результаты исследований, В. А. Штофф приходит к выводу, что именно модель и мысленный эксперимент позволяют внести необходимую наглядность в процесс творческого мышления. Модель позволяет сделать возможно более наглядным любой предмет познания, наглядно «представить» сущность явлений.

«Наглядное изображение сущности посредством моделей означает,— пишет В. А. Штофф,— мысленное воспроизведение некоторых явлений, подвергшихся при этом значительной переделке, преобразованию, очищению от случайного, второстепенного и т. д. В результате перед мысленным взором возникает типизированное, аналитически очищенное, синтетически переработанное явление, которое, однако, уже не есть только явление, но также *нечто существенное*. В таком мысленно преобразованном явлении, которое уже выступает в качестве модели, сущность как бы «просвечивается», и в этом смысле мы можем говорить, что при помощи модели можно приблизиться к *наглядному постижению сущности*»<sup>153</sup>.

Эта особого рода наглядность позволяет объяснить один из феноменов интуиции, так называемое «интеллектуальное видение». В. Ф. Асмус пишет: «Интуиция в представлении рационалистов XVIII в. есть высшее проявление единства знания, и притом знания *интеллектуального*, ибо в факте интуиции разум одновременно и мыслит, и созерцает. Его созерцание не есть лишь чувственное познание единичного, а есть *интеллектуальное* созерцание всеобщих и необходимых связей предмета, а мышление не есть пустое, формальное связывание понятий и посылок, взятых в отрыве от их содержательной истинности: через логический порядок и связь идей мышление постигает порядок и связь самих вещей»<sup>154</sup>.

М. Бунге рассматривает гипотезы и модели как «интуитивные средства». Он пишет, что «квантовая механика пользуется... *интуитивными* вспомогательными средствами, такими, как вероятностное электронное облако... распределение заряда... графики рассеивания Фейнмана, слоистая модель ядра и бесчисленные другие модели». Отмечая, что наглядность моделей может быть различного рода,

<sup>150</sup> Чернов А. П. Мысленный эксперимент. С. 17.

<sup>151</sup> Вальт Л. О. Мысленный эксперимент // Уч. зап. Тартуского гос. университета. Труды по философии. Т. VI Вып. 124. 1962. С. 40.

<sup>152</sup> Орлов В. В. О творческом мышлении и его воспитании // Вопросы коммунистического воспитания в период перехода к коммунизму. Пермь, 1962. С. 54

<sup>153</sup> Штофф В. А. Моделирование и философия. С. 292

<sup>154</sup> Асмус В. Ф. Проблема интуиции в философии и математике. М., 1965 С. 21.

он заключает, что «как бы то ни было, и физики-теоретики и математики одинаково пользуются наглядными образами не того, так другого рода. Когда они так поступают, мы склонны говорить, что у них *интуитивное* и образное мышление». «Создание гипотез, изобретение техники и придумывание экспериментов — явные случаи *творческих* процессов, или, если предпочитаете, *интуитивных* действий...»<sup>155</sup>.

Р. Арнхейм, В. П. Зинченко и другие называют описываемый вид мышления визуальным. «Визуальное мышление — это мышление посредством визуальных операций... Основной способ, которым художник пользуется, чтобы справиться с проблемами существования,— это изобретение и оценка образов и манипулирование ими» (Р. Арнхейм).

Пользование моделями и мысленным экспериментом позволяет придать мыслительным исследовательским процессам *наглядность*, *зримость*, позволяет «интеллектуально созерцать» связи и взаимодействия идеальных предметов.

Филигранное пользование моделями и мысленным экспериментом было характерно для выдающихся ученых современности — М. Планка, А. Эйнштейна, Н. Бора, В. Гейзенберга, Ф. Жолио-Кюри, С. И. Вавилова и др. Н. Бор словно видел и, как писал Л. Инфельд, даже «ощупывал» модели мысленных экспериментов. Огромное впечатление произвела на современников публичная дискуссия Н. Бора и А. Эйнштейна по проблемам квантовой механики. Слушателей поражала удивительная инженерная изобретательность в мысленном конструировании приборов и моделей, своеобразный сенсуализм при трактовке абстрактных проблем. Эта способность была присуща и С. И. Вавилову, который посвятил ряд работ исследованию особенностей мышления мыслителей прошлого (Лукреция Кара, Исаака Ньютона и др.), рассмотрев использование ими гипотез и моделей.

«**Анализ через синтез**». Построение идеальных моделей изучаемого объекта на основе выдвинутой гипотезы и условий, воздействующих на модель (в том числе «приборов» и «инструментов»), является предпосылкой и условием мысленного эксперимента. «Ни обычное дискурсивное мышление, например, в форме условных умозаключений и гипотез, ни творческое воображение,— пишет В. А. Штофф,— не являются мысленным экспериментом, поскольку они не опираются на модель и не оперируют моделью»<sup>156</sup>. В процессе мысленного эксперимента планомерно изменяются идеальные условия и их воздействия на модель. Во взаимодействии моделей проявляются их новые свойства и связи.

Этот механизм — построение идеальных моделей исследуемого объекта и условий оперирования ими — не рассматривался формальной логикой, он лежал вне поля ее зрения. Хотя при иллюстрации и разъяснении логических положений логики широко использовали иконические и знаковые модели: логический квадрат, символы, круги Эйлера, характеризующие соотношения объемов понятий, отношения тождества, подчинения, перекрещивания и др.

Факт существования форм мышления, отличных от тех, которые раскрываются формальной логикой, был осознан в определенной степени не только многими естествоиспытателями, но и психологами. Анализируя процессы мышления, психологи выделили комплекс операций, своеобразный механизм поискового исследования, названный ими «анализ через синтез». Психологи стремились поглубже понять этот механизм, но никогда не подчеркивали — из нежелания или боязни вступить в конфликт с такой! древней наукой, как формальная логика,— что этот механизм был! упущен логиками (добавим для справедливости — и философа! ми), мышление не исчерпывается теми операциями, которые описывает формальная логика. И. Г. Герасимов отмечал: «Анализ через синтез» нельзя отождествить ни с формально-логическим дедукцией, ни с различными формами априоризма»<sup>157</sup>.

В свою очередь и логики, и философы почти полностью игнорировали как выводы психологов о существовании какого-то механизма «анализа через синтез», так и факт, что мышление есть процесс решения задач. Процесс мышления логиками и философами, с одной стороны, и психологами — с другой, изображался по-разному. Причем и те и другие ничего не говорили по поводу этих различных трактовок мышления, придерживались тактики «невмешательства» во внутренние дела друг друга.

Основные идеи «анализа через синтез» были сформулированы выдающимся советским психологом С. Л. Рубинштейном<sup>158</sup> и развиты его учениками: К. А. Славской, А. М. Матюшкиным, И. М. Жуковой, Н. Т. Фроловой, А. В. Брушлинским, Е. П. Кринчик и др.

Подводя итоги многолетних исследований процесса мышления, С. Л. Рубинштейн пишет «Мышление — процесс решения задач. Общая схема решения всякой задачи заключается в соотношении условий задачи с ее требованиями и анализе условий и требований через соотношение друг с другом. Но центральный вопрос — что представляет собой по своему процессуальному составу мыслительный процесс (решения задач) — можно в совсем общей форме сказать, что это анализ и синтез, анализ через синтез. Анализ — как и синтез — выступает в многообразных формах. Мы не будем сейчас анализировать все эти формы. Лучше будет сразу вычлнить ту *особую форму анализа через синтез*, которая составляет *ведущее звено, основной нерв всей и всякой мыслительной деятельности*. Говоря кратко это основная форма анализа, основной нерв процесса мышления заключается в следующем: *объект в процессе мышления включается во все новые связи и в силу этого выступает во все новых качествах, которые фиксируются в новых понятиях, из объекта, таким образом, как бы вычерчивается все новое содержание, он как бы поворачивается каждый раз другой своей стороной, в нем выявляются все новые свойства*»<sup>159</sup>.

<sup>155</sup> Бунге М. Интуиция и наука С. 104—105

<sup>156</sup> Штофф В. А. Моделирование и философия. С. 212

<sup>157</sup> Герасимов И. Г. Диалектика и логика. Формы мышления. М, 1962 С. 157

<sup>158</sup> См. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования. М, 1958

<sup>159</sup> Там же С. 98—99

Очевидно, что в процессе мышления включается в новые связи не материальный объект — объект вне мышления, а его идеальная модель! Механизм «анализа через синтез» выступает, таким образом, как процесс моделирования и мысленного эксперимента, как процесс оперирования с моделью: модель исследуемого объекта «включается», «поворачивается», из нее «вычерпывается все новое содержание» и т. д.

«В явлении анализа через синтез — ключ к пониманию гипотетичности мышления... Анализ через синтез,— пишет К. А. Славская.— и есть тот специальный механизм, который направлен на раскрытие не данных непосредственно свойств путем включения предметов в те связи и отношения, в которых эти неизвестные свойства и обнаруживаются. Он представляет собой как бы «нерв» мыслительного процесса, поскольку именно таким путем осуществляются поиски мышлением неизвестного»<sup>160</sup>.

В этот механизм мышления — «анализ через синтез» — включаются, как показывает исследование К. А. Славской, в качестве его специфических моментов и операций (помимо средств дискурсивного мышления) гипотеза, модель и мысленный эксперимент. Опираясь в уме идеальными предметами (моделями), пишет А. П. Чернов, «человек мысленно ставит тот или иной предмет в различные положения и мысленно подбирает такие... ситуации, в которых, как и в обычном опыте, должны проявиться наиболее важные или почему-либо интересные особенности данного предмета или явления»<sup>161</sup>.

Мы видим, что, анализируя содержание творческого поиска (решения проблем, нестандартных задач) и естествоиспытатели, и психологи в ходе экспериментального исследования *выделили особый механизм*. Таким механизмом является моделирование и мысленный эксперимент, оперирование моделями, которое осуществляется прежде всего в формах анализа и синтеза. Такое мышление можно назвать образным, образно-оперативным, в отличие от вербально-понятийного (знакового) мышления.

**Мысленный и материальный эксперимент.** Эксперимент, как известно, является необходимым моментом исследовательской, познавательной и творческой деятельности. Предмет исследования всегда выступает в сложных и многообразных связях с другими явлениями действительности. Чтобы понять связи между интересующими исследователя явлениями, изучить их при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде, вскрыть зависимость изучаемых явлений от каждого действующего фактора, необходимо особым образом расчленив всю совокупность взаимодействующих явлений и выделить нужное звено из всеобщей универсальной связи явлений, факторов, процессов. Это достигается во многих случаях лишь путем эксперимента

Очень часто взаимодействие исследуемых явлений затемняется, искажается влиянием многих других, случайных, явлений. Для того чтобы изучить их взаимодействие в «чистом» виде, свободном от мешающих, искажающих процесс других явлений, исследователь вынужден создавать искусственно необходимые условия. Именно на эту сторону дела обращал внимание К. Маркс: «Физик или наблюдает процессы природы там, где они проявляются в наиболее отчетливой форме и наименее затемняются нарушающими их явлениями, или же, если это возможно, производит эксперимент при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде»<sup>162</sup>.

Возможность воспроизвести изучаемое явление в эксперименте, не ожидая его возникновения в естественных случаях, резко ускоряет темпы исследования.

Огромное преимущество эксперимента как метода, орудия познания состоит в том, что в нем исследователь может не только воспроизводить природные явления и процессы, но и создавать, производить такие явления, которые при естественных условиях не существуют и часто не могут существовать, создавать необычные условия взаимодействия вещей и тем самым открывать новые связи и свойства вещей, глубже проникать в их сущность.

Искусство экспериментатора состоит прежде всего в том, чтобы создавать такие условия взаимодействия явлений, которые обеспечили бы изучение исследуемых явлений в чистом виде, которые исключали бы влияние на их взаимодействие каких-либо неучтенных, побочных, случайных и тому подобных факторов. Это характернейшая черта (особенность) научного эксперимента, важнейшее требование к эксперименту.

Этим целям служат и материальный, и мысленный эксперимент, в этом их сходство. Однако нельзя преувеличивать сходство мысленного и материального эксперимента. В последнем материальные предметы изменяются реально, в ходе же первого изменению в «уме» подвергаются идеальные модели вещей, оригиналы же остаются неизменными. Мысленный эксперимент — специфическая форма творческого мышления, материальный эксперимент — вид практической деятельности, вид материального творчества. Построение моделей, анализ их трансформаций и взаимодействий осуществляется мышлением, опирающимся на знание объективных законов и тенденций развития, сущности, свойств, противоречий, присущими используемым в эксперименте объектам. Исход мысленного эксперимента зависит от правильности мышления. В ходе мысленного эксперимента применяется также и критерий практики, но не в непосредственной, а в снятой, опосредованной форме, в форме использования приемов и знаний изменения вещей, приемов мышления, проверенных в прошлой практике. Однако объективным критерием является только непо-

<sup>160</sup> Славская К. А. Мысль в действии М, 1968 С 124, 137

<sup>161</sup> Чернов А. П. К вопросу об умственном экспериментировании // Уч. зап. Горьковского пед. института ин. яз. Вып. XVII Горький, 1961

<sup>162</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч 2-е изд Т 23 С 6

средственная проверка в практике. Поэтому мысленный эксперимент не исключает, не отменяет практическую проверку.

В ходе материального эксперимента законы природы в силу их объективного характера не могут быть нарушены. В мысленном эксперименте при наличии даже самого горячего желания учитывать, применять и т. д. объективные принципы и законы нарушения их не исключены. Поэтому истинность результатов, получаемых в ходе мысленного эксперимента, окончательно устанавливается в ходе практической проверки. Правильно же поставленный мысленный эксперимент убедительно демонстрирует творческий потенциал мышления.

Мысленный эксперимент имеет и определенные преимущества перед материальным, которые заключаются в полном устранении второстепенных факторов и процессов, дающем возможность изучать явления в предельно «чистом» виде, и позволяет в ряде случаев раскрывать объективные связи вещей, недостижимые в материальном эксперименте. Мысленный эксперимент позволяет исследовать и ситуации, практически неосуществимые, хотя и возможные с научно-методологической стороны.

Моделирование и мысленный эксперимент — мысленные операции, к которым человек прибегает, когда творческая задача не может быть решена средствами дискурсивного мышления.

«В мысленном эксперименте ум исследователя, — писал М. Планк, — поднимается над миром действительности. Он помогает ему выдвинуть гипотезы и сформулировать вопросы, проверка которых экспериментальным путем открывает перед ним закономерные связи, и даже такие, которые недоступны прямому измерению. Мысленный эксперимент не связывается никаким пределом точности, ибо мысли свободнее, чем атомы и электроны»<sup>163</sup>.

Таким образом, в процессе исследования проблемной ситуации и поиска решения задачи анализ проблемной ситуации, выдвижение гипотез, их проверка очень часто осуществляются методами моделирования и мысленного эксперимента, исследования, в том числе проверки. Вначале моделируется проблемная ситуация, на ее основе выдвигаются гипотезы, на основе гипотез строятся новые системы моделей, которые проверяются в ходе мысленного эксперимента. Моделирование и мысленный эксперимент играют исключительную роль в процессе мышления, являются чрезвычайно важным механизмом мысленного поиска.

Проведенные в последние годы физиологами, психологами, кибернетиками экспериментальные исследования процесса решения задач (А. А. Фельдбаум, Н. А. Бернштейн, Е. Н. Соколов, В. М. Глушков, Д. А. Поспелов, О. К. Тихомиров, В. Н. Пушкин, В. Н. Садовский, Н. М. Амосов, Л. Л. Гурова, А. Ф. Эсаулов и др.) позволили с полной определенностью установить, что важнейшим компонентом этого процесса, является построение внутренней, или информационной, модели предметов мира в мозгу, прежде всего «именно построение модели проблемной ситуации». «Формирование варианта решения обусловлено тем, как человек моделирует проблемную ситуацию, или, иначе, как он! «видит проблему»... Человек строит вариант решения, — пишут! Д. А. Поспелов, В. Н. Пушкин, В. Н. Садовский, — основываясь на информационной модели проблемной ситуации... Теоретические и экспериментальные исследования творческого мышления указывают на исключительную роль построения модели имеющихся условий в формировании стратегии решения. Вышеизложенное позволяет сделать предположение о *принципиально модельном характере эвристической деятельности*»<sup>164</sup>.

Д. А. Поспелов поясняет эти мысли в беседе с корреспондентом «Литературной газеты»: «Скажем, вам нужно куда-то поехать в городе. Как вы намечаете маршрут? Не перебираете же по карте все возможные пути. Нет, вы схематически представляете в уме план города, выделяете начальный и конечный рейсы и связывающие их магистрали. Вы оперируете районами, а не улицами. Оказавшись близ нужного места, вы переходите к более мелкой модели, на которой уже должны быть и улицы, и дома, и даже подъезды, чтобы выбрать нужный.

— А нельзя ли заранее заложить в машину все модели? — спрашивает корреспондент.

— Модель не может быть создана раз и навсегда, а должна строиться каждый раз заново в зависимости от сути задачи. Скажем, намечая маршрут, вы представляете себе сеть магистралей, а если составляете план озеленения города, важно другое — распределение застройки, наличие свободных пространств. Построение модели должно исходить из смысла задачи... Мышление невозможно без построения моделей, построение моделей требует понимания смысла задачи, а смысл «нельзя вычислить», т. е. его нельзя выразить посредством каких-то формальных операций. Семантика — учение о значении объектов — это одно, а синтаксис — учение о правилах операций с ними — другое. И одно не может быть выведено из другого»<sup>165</sup>.

Идеальная модель — это не понятие и не теория, так же как мысленный эксперимент не умозаключение. Они специфические формы мышления, мышления образного. Модель и мысленный эксперимент — самые древние формы мышления. Они предшествовали понятийному мышлению так же, как образ предшествовал понятию.

Модель и мысленный эксперимент широко используются в творчестве и учеными, и техниками-изобретателями, и художниками.

<sup>163</sup> Планк М. Пути физического эксперимента. Лейпциг, 1943. С. 62.

<sup>164</sup> Поспелов Д. А., Пушкин В. Н., Садовский В. Н. Эвристическое программирование и эвристика как наука // Вопросы философии. 1967. № 7. С. 50—52.

<sup>165</sup> Искусственный интеллект // Литературная газета. 1976. 28 апр.

**Предметно-изобразительный код.** Учитывая приведенные выше факты, С. Л. Рубинштейн, Л. Л. Гурова, Л. М. Веккер, Н. И. Жинкин, С. М. Шалютин и другие отмечают, что в процессе мышления человек осознанно или неосознанно пользуется особой семиотической системой — предметно-изобразительным кодом. Элементами этого кода являются идеальные образные модели различного типа (фигуры, схемы, графики).

От семиотической системы чувственного уровня познания он отличается конвенциональностью, т. е. индивид сам приписывает значения элементам знаковой системы, которые он конструирует.

Экспериментально доказано, подчеркивает С. М. Шалютин, что в абстрактном мышлении участвует не только словесный язык, но и наглядно-образные «языки» — образы чувственного познания и предметно-изобразительного кода. Следовательно, в семиотическую систему процесса абстрактного мышления входят по меньшей мере три семиотические подсистемы: естественный язык, трехмерная неконвенциональная семиотическая система чувственного познания и трехмерный конвенциональный предметно-изобразительный код<sup>166</sup>. Это очень важный шаг в понимании мышления: не одна, а две предметно-образные системы!

**Мышление и язык.** Приведенные выше данные об использовании в процессе мышления форм, отличных от тех, которые описывает формальная логика, показывают сложную структуру мышления. Мышление протекает не только в словесных, символических (знаковых) формах, но и в наглядно-чувственных, пространственно-образных, предметно-образных формах.

Исторически первым было предметное, «конкретное», образное мышление высших животных (элементарная «рассудочная деятельность»). Она была часто вплетена в непосредственное действие, слита с ним. Мышление протекало как оперирование образами-моделями, гештальтами, структурами. Элементарной моделью выступало представление. Модель явилась формой абстрагирования и обобщения.

Естественный язык развивался не только как средство общения, но и как средство мышления. Одним из общих, существенных свойств естественного языка (одной из его универсалий) является конвенционализм. Использование слова как формы выражения мысли, как формы мышления позволило создавать абстракции совершенно нового типа, которые невозможно было выразить в форме образа (например, закономерность, инерция, благородство, жестокость и др.). Новые возможности открыли и для обобщения, и для мышления такие качества естественного языка, как его избыточность, открытость, дискретность, линейность.

Уровень разработки теории мышления красноречиво характеризует факт, что для обозначения типов мышления не существует еще общепринятых терминов.

Вербально-понятийное, например, мышление называют по-разному: словесным, лингвистическим, речевым, понятийно-дискурсивным, логико-вербальным, вербально-понятийным, аналитическим, абстрактно-логическим. Нам представляется наиболее точным термином для обозначения данного типа мышления — знаковое (вербально-понятийное), т. е. протекающее в форме знаков (слова), не имеющих в принципе никакого сходства — ни физического, ни геометрического и никакого иного — с обозначаемыми объектами мышления (конвенционализм). Его не точно называть словесным, так как наряду со словом (естественным языком) применяются и языки математики (в том числе и математической логики), химии и др.

Одной из ведущих фундаментальных функций мышления является решение задач творческого преобразования действительности. Все остальные функции мышления и психики в целом обслуживают эту функцию. Она органически связана с удовлетворением постоянно возникающих новых потребностей общества. Творческая функция мышления обслуживает процесс развития, движения, удовлетворения потребностей общества.

В процессе решения творческих, нестандартных задач, как отмечено выше, широко применяются наглядно-образные, пространственные, геометрические, «трехмерные» модели. Они отличаются по сложности, уровню абстракции и обобщения от образов, использующихся на ступени чувственного познания и предметного, конкретного мышления животных. Это нашло выражение у Д. Гартли<sup>167</sup> в выделении двух языков: одного языка естественного, однолинейного (алгебраического), другого — трехмерного (геометрического). Понятие «язык», как видим, здесь чрезвычайно расширено, оно трактуется как средство мышления, форма выражения мысли, а исходная и основная функция языка как коммуникативная. Концепция Д. Гартли о наличии других средств выражения мысли, кроме слова, кроме естественного языка, развивалась и обосновывалась Ж.-Пиаже, Л. Выготским, С. Рубинштейном и др.

С. М. Шалютин приводит рассуждение С. Л. Рубинштейна: «В тех случаях, когда мышление совершается в основном *не в форме речи в специфическом смысле слова*, а в форме образов, эти образы по существу выполняют в мышлении функцию речи... Постольку можно сказать, что мышление вообще невозможно без речи: его смысловое содержание всегда имеет чувственного носителя...»<sup>168</sup> Следовательно, с точки зрения С. Л. Рубинштейна, пишет С. М. Шалютин, формула о том, что мышление вообще невозможно без речи, вовсе не означает, что оно всегда протекает только на естественном языке. Мысль всегда имеет «языковое», речевое бытие, но это бытие вовсе не явля-

<sup>166</sup> См.: Шалютин С. М. Язык и мышление. М, 1980.

<sup>167</sup> См.: Гартли Д. Размышления о человеке, его строении, его долге и упованиях // Английские материалисты XVIII в. М., 1967. Т. 2. С. 312—375

<sup>168</sup> Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. М, 1946 С. 416



ется словесным, функцию знака может выполнять и наглядно-чувственный образ<sup>169</sup>.

Выдающийся французский математик Ж. С. Адамар, опираясь на анализ собственного опыта и опыта многих выдающихся ученых, показал функционирование и связь двух типов мышления<sup>170</sup>. «Я утверждаю,— писал он,— что слова полностью отсутствуют в моем уме, когда я действительно думаю...» Воплощение в слове мыслей — это другой процесс, это не мышление (мышление — процесс решения задач, выдвижения гипотез и их проверка). Эйнштейн (в письме Адамару) писал: «Слова написанные или произнесенные не играют, видимо, ни малейшей роли в механизме моего мышления. Главную роль играют модели и мысленные эксперименты».

Участники совещания по проблеме *взаимоотношения языка и мышления*<sup>171</sup> и редакция журнала выступили против точки зрения, отрицающей внесловесную мысль, возможность мышления без языка. Особый интерес представили выступления людей, лишенных зрения и слуха (С. А. Сироткин и др.).

Потребность в развитии предметно-образного мышления обусловлена сложностью творческого поиска, сложностью задач, решаемых в процессе творчества. Дискретность и линейность естественного языка затрудняют решение многих задач, требующих рассмотрения объектов в трехмерном пространстве, отличающихся пространственной характеристикой, в целостности и движении (изменяющихся во времени).

Мир — это не только совокупность дискретных вещей, но и континуум перехода от одного в другое. Континуальной стороне действительности в мышлении соответствует континуум значений; в процессе познания, сталкиваясь с новым предметом, свойством, отношением, человек не имеет готового слова для его обозначения. Трудность заключается не в отсутствии слова, а в отсутствии в сознании понятия, значения. Еще нет нового значения. В этом случае на помощь приходит полисемия, позволяющая рассуждать не совсем точно и не вполне логично, но за счет последнего получать новое знание, из которого впоследствии после логической обработки элемент нелогичности будет исключен. Первоначальная расплывчатость значения является важным фактором познания нового объекта<sup>172</sup>.

Метафорические образы, реализующиеся через полисемию, есть «клеточка познавательного моделирования, содержащаяся в самой структуре языка»<sup>173</sup>. Главным средством преодоления разрыва между дискретным и линейным естественным языком и целостностью и континуальностью объектов действительности является модель.

Возможность симультанного схватывания мышления в целом открывается в предметно-образном мышлении, при применении моделей иконического типа и мысленного эксперимента. Н. И. Жинкин называет использование совокупности моделей этого типа в процессе мышления (таблиц, графиков, схем, диаграмм, чертежей, структурных химических формул и др.) *предметно-изобразительным кодом*. Отличие этого кода от моделей чувственного познания и конкретного мышления видят в их некоторой конвенциональности, присущей многим из них, и вторичности по отношению к естественному языку.

Таким образом, могут быть выделены как основные два типа мышления — знаковое и предметно-образное, оперирующее иконическими моделями различного типа. В реальном процессе мышления используются оба вида. Совершается постоянное переключение с одного вида на другой. Оба типа (и оба «языка») дополняют друг друга. С. М. Шалютин справедливо отметил, что «переход от одного языка к другому — обязательный компонент мыслительного процесса»<sup>174</sup>. Эти переходы часто нелемки. Сложность переключения выражается в феноменах, обозначаемых как «муки поиска слова». Перевод отличается часто громоздкостью. Параллельная работа на двух языках (возможная при наличии двух субстратов мышления — левого и правого полушарий головного мозга) не исключает периодов размышления, осуществляемого в рамках одного типа мышления. Например, предметно-образное — в процессе шахматной игры, на отдельных этапах поиска технического решения; словесное — при доказательстве полученных результатов.

Важность этой связи между типами мышления отмечалась еще И. П. Павловым и его учениками. Неразвитость одного из них приводит к серьезному снижению творческой мощи, эффективности мышления. Многие педагоги (В. А. Сухомлинский, Я. Корчак, М. П. Щетинин и др.) отмечали важность связи этих типов и порочность увлечения современной школы развитием прежде всего словесного, символического мышления. Отчасти это связано с тем, что образное мышление дошкольников выступает явно на первом плане. Это создает основание для предположения, что теперь главное — в развитии строго аналитического, символического мышления. При этом не учитывается различие между образами первого этапа развития образного мышления (чувственно-наглядное) и его второго этапа («предметно-изобразительный код») Образное мышление второго этапа требует специальной работы по формированию умения строить сложные модели т. е. рисовать, строить чертежи, проекции, диаграммы, графики, таблицы, оперировать моделями в ходе многоходового мысленного эксперимента, способности осуществлять сложные преобразования в уме. Все это — программа развития предметно-образного кода. Проведенные эксперименты показали, что люди с

<sup>169</sup> См. • Шалютин С. М. Язык и мышление М, 1980

<sup>170</sup> См. Адамар Ж. С. Исследование психологии процесса изобретения в области математики М, 1970 С 66—93

<sup>171</sup> См. Вопросы философии 1977 № 6, 9, 12

<sup>172</sup> См. Шалютин С. М. Язык и мышление С 28

<sup>173</sup> Там же

<sup>174</sup> Там же С. 45

развитым предметно-образным мышлением намного успешнее решают творческие задачи.

Обобщая результаты исследования мышления логиками и психологами, естествоиспытателями и искусствоведами, кибернетиками, физиологами и лингвистами, можно сформулировать выводы, что:

1) мышление функционирует в знаковых и образных формах, знаковое (вербально-понятийное) и образное мышление дополняют и взаимообогащают друг друга;

2) исторически первым было образное мышление; появление естественного языка повысило мощь мышления, уровень абстрагирования, привело к возникновению знакового мышления;

3) формами мышления являются не только понятия, суждения и умозаключения, но и образные модели и мысленный эксперимент;

4) образная модель — главная форма отражения связей и взаимодействий объектов, характеризующихся целостностью, многомерностью и континуальностью, и создания новых, ранее не существовавших объектов. Модель широко используется и на этапе симультанного мышления;

5) мышление протекает в языковых и неязыковых формах.