

**А.И. Уемов**

**Логические основы метода  
моделирования**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39  
ББК 32  
А11

А11 **А.И. Уемов**  
Логические основы метода моделирования / А.И. Уемов – М.: Книга по Тре-  
бованию, 2024. – 312 с.

**ISBN 978-5-458-30733-8**

В монографии обсуждаются вопросы моделирования как метода научного исследования. При помощи современного аппарата математической логики в ней наиболее полно проанализированы определения понятий модели и моделирования, используемые советскими и зарубежными авторами, работающими в различных областях знания. Большое место отведено оригинальному анализу ряда форм выводов по аналогии, которые являются логическими основаниями переноса информации с модели на прототип. Дается подообный логический анализ теории подобия, широко используемой в современной науке и технике.

**ISBN 978-5-458-30733-8**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Это делает понятным, почему логика *начала* с анализа дедуктивного метода. В дальнейшем же вступают в силу закономерности имманентного развития науки. Логика, будучи прежде всего вспомогательной дисциплиной, средством для развития других наук, подобно всякому иному средству имеет тенденцию превратиться в самоцель. Механизм такого превращения связан с тем, что логик начинает свое исследование обычно не с анализа процесса развития других наук, а с разбора того теоретического материала, который накоплен в процессе развития самой логики. Если этот материал — комбинаторные преобразования, то такие преобразования постепенно становятся все более сложными. Время от времени имманентное развитие логики прерывается под влиянием запросов практики. Последние связаны прежде всего с повышением требований к строгости научных результатов. Такое повышение приводит к тому, что те методы, применение которых раньше происходило без какого-либо обоснования, считается необходимым обосновывать. Это приводит к развитию соответствующего раздела логики.

С другой стороны, может меняться и сравнительная значимость различных методов. Так, индуктивный метод имел особенно большое значение на самых первых этапах развития науки. В период средних веков его значимость упала, поскольку на первый план выступила дедукция из канонизированных текстов. Затем потребности возникающего опытного знания вызвали к жизни «Новый Органон» Ф. Бэкона.

Необходимость логического анализа метода моделирования в настоящее время связана как с тем, так и с другим из отмеченных выше моментов. Период «революций» в науке, в ходе которых, казалось бы, совершенно несомненные, абсолютные истины были опровергнуты, сделал чрезвычайно острой проблему обоснования научных положений. Это в особенности относится к положениям, полученным с помощью метода моделирования, поскольку крах очень многих из них был связан с выяснением несостоятельности тех механических моделей, на которых они были основаны.

Вместе с тем можно говорить о возрастании роли метода моделирования в современную эпоху. Быстрый рост темпов развития отдельных наук привел во многих

случаях к их разобщенности<sup>1</sup>. Это создает затруднения, начинающие тормозить дальнейшее развитие. Восстановление единства науки становится важнейшей задачей. Однако эта интеграция не может быть произведена методами прежней натурфилософии, стремящейся свести многообразие наук к одной науке, например к механике, с помощью дедукции из небольшого числа общих принципов. Сейчас кажется наивной идея объединения всего многообразия физических явлений в одну-единственную формулу, о которой писал еще М. Планк<sup>2</sup>. Неопозитивисты сделали попытку восстановить единство науки с помощью создания единого языка<sup>3</sup>. Такое единство имеет главным образом внешний характер, не выражает единства содержания. Методом, позволяющим учитывать как единство содержания научных знаний, так и их различие, является метод моделирования. Модель может браться из одной науки, а ее прототип, то есть тот предмет, который исследуется с помощью модели,— из другой науки. Так создаются механические модели химических или физических объектов, электрические модели механических, химических, биологических или даже социальных явлений. Экономическая деятельность предприятия исследуется с помощью модели, представляющей собой живой организм<sup>4</sup>. Это ни в коем случае не означает, что предприятие «сводится» к живому организму. И вместе с тем использование таких моделей дает возможность вскрыть довольно существенные общие черты в развитии организма и функционировании предприятия, позволяя таким образом в известной мере унифицировать биологию и политическую экономию. Такая «унификация» коренным образом отличается от попытки биологизировать экономические явления, которые делались в свое время эмпириокритиками<sup>5</sup>.

Математика поставляет модели для самых различных наук, в частности для лингвистики. Это также не

---

<sup>1</sup> См. «Философские проблемы современного естествознания». М., 1959, стр. 5—6.

<sup>2</sup> См. М. Планк. Единство физической картины мира. Сб. статей. М., 1966, стр. 23.

<sup>3</sup> International Encyclopaedia of Unified Science, vol. 1. New York, 1934.

<sup>4</sup> См. С. С. Бир. Кибернетика и управление производством. М., 1965.

<sup>5</sup> См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 348.

означает «сведения» лингвистики к математике, чего опасались некоторые консервативно настроенные лингвисты.

Усиление значимости исследования метода моделирования уже породило довольно обширную литературу как у нас, так и за рубежом. Можно назвать многие монографии и сборники, специально посвященные анализу метода моделирования<sup>1</sup>. Еще больше отдельных статей и разделов книг, относящихся к этому вопросу<sup>2</sup>. Можно назвать также специальные сборники, диссертации, монографии и статьи, трактующие применение метода моделей в отдельных науках<sup>3</sup>.

Однако почти вся имеющаяся литература посвящена или рассмотрению математического аппарата и технической стороне моделирования или же — в противоположность этому — общефилософским проблемам, связанным с методом моделирования. Собственно логическая проблематика метода, к которой относятся прежде всего

---

<sup>1</sup> «The Concept and the Role of the Models in Mathematics and Natural and Social Sciences». Dordrecht, 1961; см. также: *В. А. Штофф*. Роль моделей в познании. Л., 1963; *его же*. Моделирование и философия. М. — Л., 1966; *Б. А. Глинский и др.* Моделирование как метод научного исследования. М., 1963; *И. Б. Новик*. О моделировании сложных систем. М., 1965; *В. В. Чавчанидзе, О. Я. Гельман*. Моделирование в науке и технике. М., 1966; *Л. С. Эйгенсон*. Моделирование. М., 1952; *В. А. Веников*. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. М., 1966; *К. Е. Морозов*. Математическое моделирование в научном познании. М., 1969.

<sup>2</sup> См. *А. И. Уемов*. Аналогия и модель. — «Вопросы философии», 1962, № 3; *И. Б. Новик*. Моделирование и его роль в естествознании и технике. — «Диалектика в науках о неживой природе». М., 1964; *H. Stachowiak*. Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle. — «Studium Generale», 1965, Н. 7.

<sup>3</sup> См. «Теория подобия и моделирование». М., 1951; «Моделирование в биологии». М., 1963; «Моделирование в биологии и медицине». Киев, 1965; *Ц. С. Сарангов, Б. И. Спаский*. О методе моделей и аналогий в развитии физики. — «Вестник МГУ», серия III, физика, астрономия, 1963, № 5; *И. Т. Фролов*. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем. — «Вопросы философии», 1961, № 2; *Л. Б. Ительсон*. Математическое моделирование в психологии и педагогике. — «Вопросы философии», 1965, № 3; *Б. С. Грязнов и др.* Гносеологические проблемы моделирования. — «Вопросы философии», 1967, № 2; «Тезисы докладов и выступлений на симпозиуме «Метод моделирования в естествознании». Тарту, 1966; «Методологические проблемы военной теории и практики». М., 1966, гл. 12; «Основные философские вопросы современной биологии и медицины». Л., 1967, гл. 10.

Выяснение логической структуры форм мысли, реализуемых в процессе применения этого метода, и определение условий их правомерности, разрабатывается пока еще очень слабо. Из известных автору исследований специально посвящена этой проблеме лишь работа М. Хесс<sup>1</sup>. А между тем анализ логических основ метода моделирования имеет определяющее значение как для раскрытия общефилософской проблематики этого метода, так и для развития математического аппарата и практических приложений.

---

<sup>1</sup> *M. Hesse. Models and Analogies in Science. London, 1963.*



**§ 1. Многозначность термина «модель»  
и общие методы его унификации**

Как отмечалось выше, модели в качестве средства познания стали употребляться уже на заре развития науки. Вместе с тем общая теория моделирования в отличие, например, от теории силлогизма создается лишь в последнее время. Поэтому, если в каждом случае употребления умозаключений их можно было называть силлогизмами в соответствии с тем достаточно строгим определением, которое давалось в теории, такое ограничение отсутствовало применительно к моделированию. Отсюда — возможность использования термина «модель» в различных смыслах и, наоборот, применение различных слов для обозначения по сути дела одного и того же содержания.

Разнообразие значений термина «модель» в современной науке бросается в глаза. В связи с этим возникает сомнение в том, можно ли говорить о моделях и моделировании вообще, а не о моделях и моделировании в определенной науке.

Однако и в рамках одной науки, например лингвистики, зачастую нет единства мнений по поводу употребления термина «модель». Поэтому авторы, говоря о моделях, обычно определяют тот смысл, в котором они употребляют этот термин. Это тем более важно в том случае, когда речь идет о моделировании вообще, безотносительно к той или иной науке.

Дискуссия между теоретиками моделирования связана теснейшим образом с вопросом о том, какое значение термина «модель» следует взять в качестве «законного» и какие из них являются «неудачными». В. А. Штофф относит к моделям, в частности, так называемые демонстративные модели, применяемые в педагогической практике, отмечая, что функции таких моделей имеют много общего с ролью мысленного эксперимента<sup>1</sup>. Б. А. Глинский, Б. С. Грязнов, Б. С. Дынин и Е. П. Никитин критикуют за это В. А. Штоффа, полагая, что объекты такого рода необходимо исключить из числа моделей<sup>2</sup>.

В свою очередь В. А. Штофф отбрасывает другие значения термина «модель», которые многими учеными рассматриваются в качестве основных. Так, он пишет: «Одним из таких неудачных применений термина «модель» является использование его как синонима теории, причем имеется в виду даже не изоморфизм разных теорий, не то обстоятельство, что данная теория обладает одной и той же или сходной логической структурой с другой теорией, а некоторые другие особенности теории»<sup>3</sup>. В связи с этим критикуется употребление термина «модель» В. Гейзенбергом и А. Эйнштейном. «Другим близким, но не менее неудачным применением термина «модель» является его использование в качестве синонима любой количественной теории, математической схемы или вообще математического описания»<sup>4</sup>. На этом основании критикуется понимание модели в биологических и экономических науках, психологии и социологии, где оно встречается наряду с другими истолкованиями этого термина. Автор не согласен с названием известной книги Р. Буша и Ф. Мостеллера «Стохастические модели обучаемости»<sup>5</sup>.

«Третьим широко распространенным, главным образом в логике, но неудачным употреблением термина «модель» является употребление его в смысле формальной или формализованной системы»<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> См. В. А. Штофф. Роль моделей в познании, стр. 69.

<sup>2</sup> См. Б. А. Глинский и др. Моделирование как метод научного исследования, стр. 12.

<sup>3</sup> В. А. Штофф. Моделирование и философия, стр. 10.

<sup>4</sup> Там же, стр. 11.

<sup>5</sup> См. там же, стр. 11—12.

<sup>6</sup> Там же, стр. 12.

На каком же основании указанные употребления термина «модель», несмотря на их широкую распространенность, рассматриваются как «неудачные»? Это основание у В. А. Штоффа связано с его методом унификации понятия модели. Отмечая многозначность термина «модель», он пишет: «По-видимому, выход из этого положения должен состоять в том, чтобы исключить из научного языка такие значения термина «модель», для выражения которых существуют другие прочно установившиеся термины, и сохранить этот термин для таких специфических гносеологических ситуаций, которые не покрываются понятиями «теория», «гипотеза», «формализм» и т. п.»

Итак, В. А. Штофф отбрасывает ряд значений термина «модель» на том основании, что в этих случаях могут быть применены другие устоявшиеся термины. Аналогичным образом поступают и авторы книги «Моделирование как метод научного исследования». Но основание отбрасывания несколько иное, а именно несоответствие той функции моделей (исследовательской), которую они считают основной.

Разобранный метод унификации понятия «модели» (его можно рассматривать как один из методов унификации понятий вообще) назовем *методом отбрасывания*. Его логическую структуру выразим следующим образом:

$$A(P)(a_1, \dots, a_n) \text{---} \rightarrow (a_i, \dots, a_k), \text{ где } 1 \leq i, k \leq n.$$

Здесь  $A(P)$  будет означать оператор, который выражает собой отбрасывание всего того, что не соответствует требованию  $P$ . Символы  $a_1, \dots, a_n$  выражают множество исходных понятий;  $a_i, \dots, a_k$ , стоящие в правой части соотношения, представляют собой те понятия, которые остались после применения к множеству  $a_1, \dots, a_n$  оператора  $A(P)$ . Символ  $\text{---} \rightarrow$  выражает собой переход от исходных данных к результату операции. Это некоторый аналог импликации, используемый в исчислении высказываний.

Преимущество указанного метода уточнения терминов заключается прежде всего в том, что он обеспечивает достаточно богатое содержание выделенных таким образом понятий. Во всяком случае это содержание не может быть более бедным, чем содержание беднейшего из исходных понятий  $a_1, \dots, a_n$ . В том же случае, если требование  $P$  предполагает выделение богатейших по со-

держанию понятий, то в результате операций  $A(P)$  происходит как бы обогащение исходных понятий, поскольку «средняя» содержательность  $a_i, \dots, a_k$  окажется выше «средней» содержательности  $a_1, \dots, a_n$ .

Однако содержание каждого из понятий  $a_i, \dots, a_k$  в результате  $A(P)$  остается неуточненным. Это содержание остается после операции  $A(P)$  таким же, как и до нее. Поэтому для того, чтобы добиться точности, процедуру выделения  $a_i, \dots, a_k$  необходимо дополнить процедурой определения каждого из них. Таким образом будет получен набор определений, оперировать с которым далеко не всегда просто. Упростить этот набор можно с помощью повторения операции отбрасывания вплоть до того, когда останется лишь одно понятие  $a_k$ . Это сделано, например, в статье М. Бродбек, которая довела отбрасывание «неудачных» значений термина «модель» до того, что осталось лишь одно понятие — «изоморфизма законов или теорий»<sup>1</sup>. В таком случае сфера применения понятия модели оказывается узкой, относящейся только к той отдельной области знания, где было сформулировано понятие  $a_k$ , и философский анализ, ценность которого всегда заключалась главным образом в объединении результатов различных областей знания, оказывается в значительной мере беспредметным.

Другой, более всего бросающийся в глаза недостаток изложенного метода унификации понятий связан с трудностью найти объективное основание отбрасывания понятий. Чаще всего  $P$  отражает субъективное предпочтение понятий  $a_i, \dots, a_k$ . С другой стороны, представителям науки, использующей понятие  $a_i$ , трудно согласиться с тем, что единственно законным понятием, которое должно связываться с тем или иным термином, скажем с термином «модель», является понятие  $a_k (k \neq i)$ , не находящее широкого применения там, где под моделью понимается именно  $a_i$ . Трудно было бы убедить, например, Эйнштейна, Гейзенберга или других физиков в том, что они термин «модель» понимают неправильно. Вряд ли бы Р. Буш и Ф. Мостеллер согласились с тем, что название их книги «Стохастические модели обучаемости» ошибочно. И им было бы нетрудно подобрать такое  $P$ ,

---

<sup>1</sup> *M. Brodbeck. Models Meaning and Theories. — «Symposium on Sociological Theory». New York, 1959, p. 378.*

что применение оператора  $A(P)$  к множеству понятий  $a_1, \dots, a_n$  имело бы своим результатом понятия  $a_i, \dots, a_n$ , в число которых входят те значения термина «модель», которые подразумеваются ими, и не входят такие значения, которые оставлены в качестве «подлинных», например, В. А. Штоффом.

Как отмечалось выше, в качестве  $P$  у В. А. Штоффа выделяется требование отсутствия синонимических терминов, таких, как «теория», «гипотеза», «формализм» и т. д. Такое требование может быть обосновано лишь соображениями удобства. Но те, кто употребляет термин «модель» иным, «неудачным» образом, делают это тоже из соображений удобства. Во многих случаях действительно удобно называть теорию, гипотезу или формализм моделью. Философский анализ должен выяснить причины того, почему то или иное словоупотребление оказывается удобным. Можно заметить, что физика не всегда может заменить термин «теория» термином «модель». Так, например, все говорят о теории относительности, но никто о модели относительности. И тем не менее иногда теорию называют моделью. Это бывает в тех случаях, когда хотят сказать, что теория выполняет функции модели не только по отношению к другой теории, но и по отношению к отражаемой ею действительности. Когда хотят выразить мысль о том, что верблюд в пустыне выполняет функции корабля, его удобно назвать кораблем пустыни. Тогда мы получаем метафору. Метафора может быть противопоставлена прямому словоупотреблению на том основании, что корабль, с одной стороны, и верблюд — с другой, определяются не только функционально. Для корабля существенно не только то, что он является единственным видом транспорта, с помощью которого человек преодолевал огромные безлюдны пространства, но также и то, что он является искусственным сооружением, имеет двигатель, передвигается по воде и т. д. Для того чтобы понять, что такое верблюд, необходимо знать, что это животное, что оно травоядное, имеет горб и т. д. Всем этим верблюд отличается от корабля. Поэтому верблюдов без оговорки на метафоричность словоупотребления нельзя просто зачислить в класс кораблей. Иное дело тот случай, когда тот или иной тип функционирования определяет сущность сопоставляемых объектов. Например, физик называет силой некоторую

меру взаимодействия тел, и ему не приходит в голову считать это метафорой на том основании, что эти тела неживые, а слово «сила» первоначально связывалось лишь с живыми организмами.

То, что разные вещи могут обладать определенным функциональным, структурным и прочим сходством и в связи с этим обозначаются одним термином, общеизвестно. И стакан — цилиндр, и котел — цилиндр, и шляпа на голове может быть цилиндром. И есть еще цилиндр, выступающий лишь в функции цилиндра, — это тот цилиндр из картона, который педагог приносит на занятие для того, чтобы показать, что такое цилиндр. Предложение В. А. Штоффа, его принцип отбрасывания представляется аналогичным требованию называть цилиндрами только цилиндры, как таковые, но не все прочие вещи, имеющие форму цилиндра, поскольку там есть синонимичные слова, такие, как «стакан», «шляпа» и т. д.

Но если мы откажемся от этого принципа и признаем общность функционирования в качестве основы применения термина «модель», то тем самым встанем на другой путь уточнения этого понятия.

Этот другой путь предполагает анализ всех случаев употребления термина «модель» и выделение общих для всех этих случаев признаков. По сути дела это тот путь, который типичен для образования понятий на основе представлений, только здесь исходным материалом являются не представления, а понятия, уже сформировавшиеся в различных областях знания. Обозначим эти понятия, так же, как и раньше, через  $a_1, \dots, a_n$ . Для формализации операций уточнения понятия введем два оператора. Один из них — оператор расчленения, который мы обозначим латинской буквой  $B$ , другой — оператор вычленения, который обозначим как  $C$ . В результате операции  $B$  понятия  $a_1, \dots, a_n$  будут представлены как наборы признаков, образующих их содержание:

$$B(a_1, \dots, a_n) \rightarrow [(\alpha_1^1, \dots, \alpha_1^l), \dots, (\alpha_n^1, \dots, \alpha_n^l)].$$

Здесь нижний индекс при  $\alpha$  означает номер понятия, а верхний — номер признака в составе содержания данного понятия.

Применяя к результату расчленения или анализа по-