

## О логических исследованиях Н.П. Брусенцова

Владимирова Юлия Сергеевна, к.ф.-м.н.

МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т ВМК

Москва, Россия

[vladimirova@cs.msu.ru](mailto:vladimirova@cs.msu.ru)

В середине 50-х годов XX в. в МГУ им. М.В. Ломоносова началась история уникальных троичных ЭВМ «Сетунь» и «Сетунь 70» – с решения построить малую ЭВМ, предназначенную для использования в вузах, а также в лабораториях и конструкторских бюро промышленных предприятий. В составе вычислительного центра МГУ была образована очень немногочисленная группа молодых специалистов под руководством Николая Петровича Брусенцова, будущего главного конструктора обеих «Сетуней».

В качестве схемотехнической базы были выбраны магнитные элементы на миниатюрных ферритовых сердечниках и полупроводниковых диодах, которые тогда считались весьма перспективными, в частности, из-за их высокой надёжности. В результате изучения этих элементов было решено использовать в создаваемой машине не традиционный двоичный, а троичный симметричный код.

В отличие от двоичного кода с цифрами 0, 1, в котором невозможно непосредственное представление отрицательных чисел, троичный код с цифрами -1, 0, 1 имеет ряд преимуществ, таких как единообразное представление положительных и отрицательных чисел, округление отсечением младших разрядов, единственность операции сдвига. Достоинства этого кода были выявлены в 1950 г. К. Шенноном [1] и подробно описаны Д. Кнутом, который охарактеризовал этот код как «быть может самый изящный». [2].

Вопрос о целесообразности использования троичного симметричного кода в цифровой технике возник на одном из ранних этапов ее развития и неоднократно обсуждался в дальнейшем [3]. Всестороннему рассмотрению вопросов, связанных с использованием троичного симметричного кода и трехзначной логики в цифровых машинах посвящена большая часть научных работ Н.П. Брусенцова, причем значительное место среди его работ занимают исследования по трехзначной логике, которым он посвятил последние десятилетия своей научной деятельности.

В работе [3] он наглядно демонстрирует преимущество трехзначной логики перед двузначной на примере рассуждения путем постановки вопросов, не содержащих вопросительных слов. В двузначной логике на такие вопросы можно ответить только «да» или «нет». Вместе с тем на практике часто встречаются ответы «неопределено», «не имеет значения» или «бессмысленно», и они в двузначном случае оказываются невыразимыми. Проблема ре-

шается постановкой перед вопросом  $x$  дополнительного вопроса «Есть ли ответ у вопроса  $x$ ?». В трехзначной логике дополнительный вопрос не нужен, т.к. имеются все три варианта ответа.

В качестве убедительного аргумента в пользу трехзначной логики Брусенцов приводит ее применение для выражения силлогистики Аристотеля. Уникальность этой системы заключается в том, что она прямо и адекватно отображает логику естественного языка, реализует принципы корректного рассуждения.

Математическая логика, построенная на основе накопленного математикой богатого опыта и использующая строгие алгебраические методы, представляется намного более мощной системой по сравнению с силлогистикой. По выражению Д. Гильберта и В. Аккермана, такая логика «делает возможным успешный охват проблем, перед которыми принципиально бессильно чисто содержательное логическое мышление» [4, с. 17]. Следовало бы ожидать, что математическая логика либо включает в себя силлогистику, обосновывая ее правильность, либо показывает ее несостоятельность. На деле неверно ни то, ни то – из 19 правильных модусов силлогистики математическая логика признает 15, остальные 4 считает сомнительными, объясняя это их неприменимостью к пустым множествам. Следует отметить, что безупречность этих четырех модусов легко проверяется на практике. Более того, в математической логике не соблюдается подчиненность общим посылкам частных: из «Все  $x$  суть  $y$ » ( $Ax$ ) в не следует «Некоторые  $x$  суть  $y$ » ( $Ixy$ ), очевидная с точки зрения естественного рассуждения.

В работах Брусенцова по трехзначной логике обстоятельно исследована возможность полноценной алгебраизации силлогистики, и установлена причина неотобразимости силлогистики Аристотеля в современной двухзначной логике. Это большой шаг в устранении пробела между формальной логикой, оперирующей лишь формами отображения сущности, абстрагируясь от их содержания, и логикой здравого смысла, в соответствии которой, в частности, созданы математика и математическая логика. Достоинство силлогистики в том, что в ней представимо фундаментальное логическое отношение необходимого содержательного следования  $x \Rightarrow y$  в виде общей посылки  $Axy$ . Брусенцовым установлена трехзначная сущность этого отношения.

Он отмечает, что трехзначность присутствует в определении этого отношения, данном Аристотелем [5, с. 215]: «...когда два [объекта] относятся друг к другу так, что если есть один, необходимо есть и второй, тогда, если нет второго, не будет и первого; однако если второй есть, то не необходимо, чтобы был первый. Но невозможно, чтобы одно и то же было необходимо и когда другое есть, и когда его нет».

Здесь «первый» и «второй» понимаются в самом широком смысле как термины  $x$  и  $y$ . У Аристотеля имеются две трактовки терминов: экстенциональная (объемная), принятая им в «Категориях», и интенциональная (сущностная), установленная в «Метафизике». Согласно экстенциональной трактовке, общепринятой в математической логике, первичными считаются единичные вещи. Интенциональное понимание терминов признает первичными наиболее общие роды, совокупности которых определяют все прочие. Брусенцов отмечает естественность интенционального истолкования [6], оперирующего сущностями вещей, охарактеризованных сочетаниями простейших несоставных качеств. Например, сущность квадрата можно интенционально охарактеризовать как четырехугольник, которому присущи прямоугольность и равносторонность. При этом прямоугольник и ромб содержатся в квадрате. Экстенционально вид «квадрат» наоборот включен в роды «прямоугольник» и «ромб».

Согласно интенциональному пониманию, термины представляют собой имена качеств, которыми обладают ( $x$ ) либо не обладают ( $x'$ ) рассматриваемые вещи. Присущность либо антиприсущность качеств выражают особенности вещей. Вещь, которой присуща особенность  $x$ , будем называть  $x$ -вещью. Для каждой особенности имеется противоположная ей, обозначаемая той же буквой со штрихом, например, особенность  $x'$  противоположна  $x$ .

Сущность вещи характеризуется совместной присущностью (конъюнкцией) её особенностей в выбранном наборе терминов, который называется универсумом. Например, квадрат можно охарактеризовать, используя термины «прямоугольность» (обозначим термином  $p$ ) и «равносторонность» (обозначим термином  $r$ ) конъюнкцией  $pr$ . Умалчивание особенности в характеристике вещи означает её несущественность для данной вещи. Так сущность ромба, который отличается от квадрата тем, что ему присуще только равенство сторон  $r$ , а равенство углов является несущественным, выражается как  $r$ .

Отношение задается тем, какие вещи в условиях его наличия необходимо существуют, а какие не могут существовать. В приведенном выше аристотелевском определении отношения следования «если есть один, необходимо есть и второй» означает существование  $x$ -вещей и невозможность  $x'$ -вещей. То, что при отсутствии второго не будет и первого, – существование  $x'y'$ -вещей и снова невозможность  $x'$ -вещей. То, что при наличии второго не необходимо, чтобы был и первый, не исключает возможности существования  $x'y$ -вещей. Таким образом, для выражения отношения следования Аристотель использует три статуса существования вещей: необходимо есть, необходимо нет и возможно, но не необходимо. Сущность отношения следования выражается совмещением трех утверждений: о существовании  $x$ -вещей и  $x'y'$ -вещей и о невозможности  $x'$ -вещей.

Для выражения силлогистических отношений Брусенцов использовал простые и наглядные методы диаграмм и индексов, предложенные Льюисом Кэрроллом [7]. Несмотря на

традиционную интерпретацию терминов как особенностей классов, методы Кэрролла оперируют суждениями, выражающими взаимосвязи между терминами.

Диаграмма Кэрролла представляет собой квадратную таблицу, клеткам которой сопоставлены элементы декартова произведения множеств попарно противоположных особенностей. Диаграмма Кэрролла для пары особенностей  $x$  и  $y$  приведены на рис. 1.а.

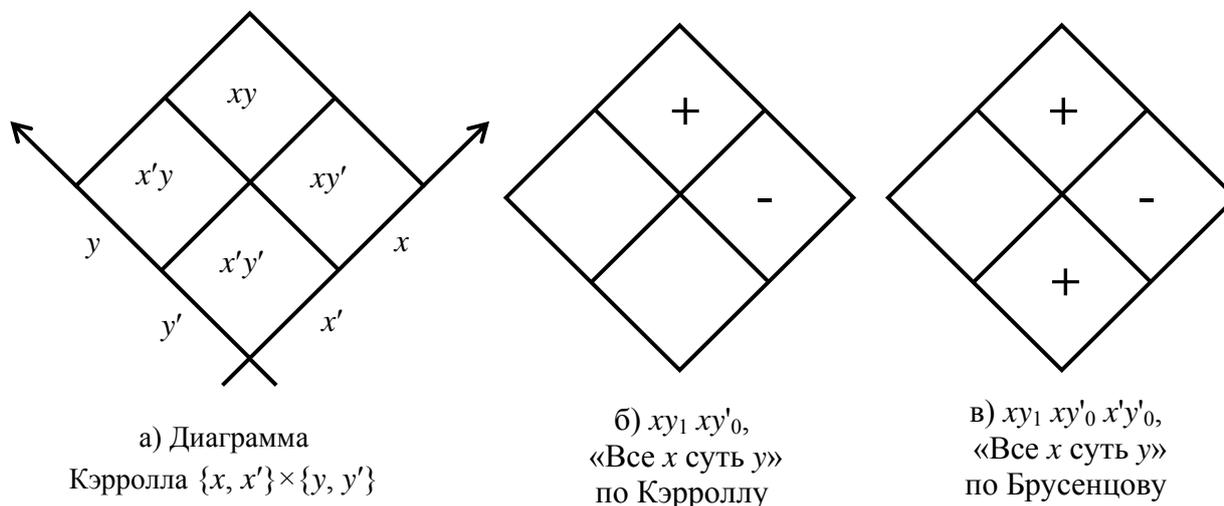


Рис. 1

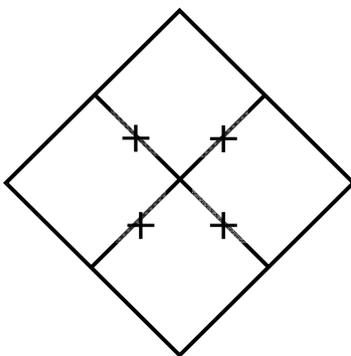
Кэрролл понимает клетки диаграммы интенционально, как совокупности особенностей вещей. Для обозначения существования вещей, соответствующих клетке либо объединению клеток, он использует красные фишки (здесь будут заменены символом «+»), несуществование вещей изображается черной фишкой (здесь знаком «-»). Отношение определяется совместной данностью суждений существования. На диаграмме справа приведено отношение, характеризуемого необходимым существованием  $x_{y1}$ -вещей и невозможностью  $x_{y'0}$ -вещей. Это отношение Кэрролл интерпретировал как общеутвердительное суждение «Все  $x$  суть  $y$ ».

Метод индексов Кэрролла позволяет выразить изображенное диаграммой отношение в алгебраической форме. Знаку плюс соответствует индекс 1, который приписывается к особенности вещи, например,  $x_{y1}$  означает существование  $x_{y1}$ -вещей. Знаку минус отвечает индекс 0, например,  $x_{y'0}$  означает несуществование  $x_{y'0}$ -вещей. Приведенное на рис. 1.б отношение имеет вид  $x_{y1}x_{y'0}$ .

Брусенцов отмечает, что Кэрролл допустил ряд упущений и искажений естественного языкового смысла суждений [6]. В частности, оказывается упущенной контрапозитивность общеутвердительного суждения «Все  $x$  суть  $y$ », с учетом которой суждение должно быть тройным:  $A_{xy} = x_{y1}x_{y'0}x'_{y'1}$ . После внесенного уточнения оно в точности соответствует аристотелеву отношению следования  $A_{xy} \equiv A_{y'x'}$ .

Было также скорректировано кэрроллово определение общеотрицательного суждения «Ни один  $x$  не есть  $y$ » ( $E_{xy}$ ) как  $xu_0$ . В логике Брусенцова недопустимы суждения, в которых хотя бы одной из участвующих во взаимосвязи особенностей не существует. Следует заметить, что и сам Кэрролл называл такие суждения химерами, т.е. нереальными [7, с.255].

Установив трехзначность отношения следования, Брусенцов выясняет, что наличие третьего есть необходимое, но не достаточное условие адекватности умозаключений. Он формулирует общий критерий содержательности логики, лежащий в основании силлогистики Аристотеля – принцип сосуществования противоположностей (ПСП) [8]. В соответствии с ним все особенности  $x, y, z, \dots$  необходимо сосуществуют вместе со своими противоположностями  $x', y', z', \dots$ . Этот принцип имеет простой практический смысл: понять, в чем заключается сущность особенности  $x$ , можно лишь сравнивая вещи, обладающие  $x$ , с вещами, обладающими  $x'$ .



Универсум  
Аристотеля

Рис.2

Универсум, подчиненный ПСП, Брусенцов назвал универсумом Аристотеля (УА). Подчинением силлогистических суждений ПСП были обеспечены следующие взаимосвязи между силлогистическими суждениями [8]:

$$A_{yx} \equiv A_{x'y'}, E_{xy} \equiv A_{xy'}, E_{x'y'} \equiv A_{x'y},$$

$$I_{xy} \equiv I_{yx}, O_{xy} \equiv O_{yx}, O_{xy} \equiv I_{xy'}.$$

Таким образом, при соблюдении ПСП силлогистика включает два типа суждений: общее  $A_{xy} = x_{y'0}x_{1y'1}$  и частное  $I_{xy} = x_{y1}x'_{1y'1}$ . Инверсией терминов  $x$  и  $y$  в различных сочетаниях образуются восемь видов суждений:  $A_{xy}, A_{xy'}, A_{x'y}, A_{x'y'}, I_{xy}, I_{xy'}, I_{x'y}, I_{x'y'}$ . Соответственно существует четыре типа силлогистических модусов:

$$A_{xy}A_{yz} \Rightarrow A_{xz}; A_{xy}A_{y'z} \Rightarrow I_{x'z}; I_{xy}A_{yz} \Rightarrow I_{xz}; A_{xy}I_{y'z} \Rightarrow I_{x'z}.$$

Более того, Брусенцову удалось выявить сущность отношения следования, установив, что в УА  $x \Rightarrow y$  вынуждается одной лишь несовместимостью особенности  $x$  с особенностью  $y'$  [9]:

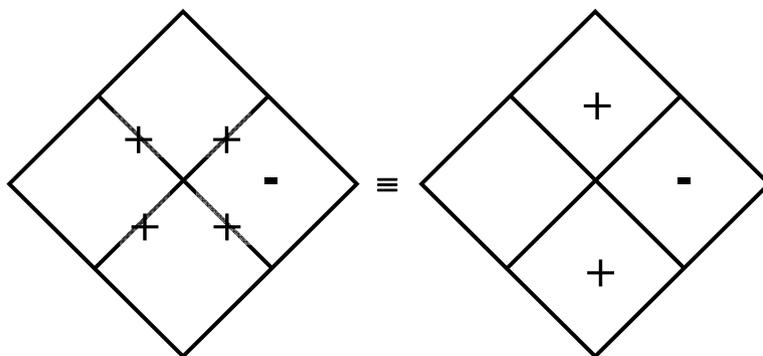


Рис. 3

$$Axy \equiv x \Rightarrow y \equiv xy'0x_1x'_1y_1y'_1 \equiv xy'0xy_1x'y'_1 \equiv xy'0x_1y'_1$$

Благодаря соблюдению ПСП, в силлогистике исключаются следование из несуществующего, рассуждения ни о чем, приводящие к парадоксам, лишаящие логику содержательности. Рассмотрением важнейшего фрагмента силлогистики Брусенцов убедительно продемонстрировал, что алгебраизация логики никак не обусловлена лишением ее содержательности. Напротив, воссоздание логики Аристотеля это и шаг к развитию искусственного интеллекта, и средство для развития интеллекта естественного. По его словам, «...в подлинной логике Аристотеля нелепостей не было – его силлогистика непарадоксальна, а непогружаемость ее в современные логические исчисления явно указывает на их неадекватность. Поэтому совершенствовать логику надлежит путем реанимации, осознания и развития того, что создано Аристотелем» [10].

#### Литература

1. Shannon C.E. A symmetrical notation for numbers. // The American Mathematical Monthly, v. 57, n 2, Feb. 1950, pp. 90 - 93 2.
2. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Получисленные алгоритмы. Т.2. м.: Мир, 1977.
3. Брусенцов Н.П. Об использовании троичного кода и троичной логики в цифровых машинах. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 7. – М.: Изд-во Моск. унта, 1970. С. 3-33.
4. Гильберт Д., Аккерман В. Основы теоретической логики. М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1947.
5. Аристотель Сочинения в четырех томах. – М.: «Мысль», т. 1 – 1975, т. 2 – 1978.
6. Брусенцов Н.П. Воссоздание аристотелевой безукоризненной силлогистики. // Современные информационные технологии и ИТ-образование». Доиздание сборника избранных трудов – М.: ИНТУИТ.РУ, 2011. С. 73-76.
7. Кэрролл Л. Символическая логика // История с узелками. – М.: Мир, 1973.

8. Брусенцов Н.П. Блуждание в трех соснах (Приключения диалектики в информатике). – М.: SvR-Аргус, 2000 15 с.; Программные системы и инструменты: Тематический сборник факультета ВМиК МГУ им. Ломоносова: № 1. Под ред. Л.Н. Королева. – М.: МАКС Пресс, 2000. С. 13-23.
9. Брусенцов Н.П. Трехзначное обобщение алгебры логики. Преодоление несовершенности ДНФ трехзначным обобщением логики // Историко-математические исследования. Вторая серия. Выпуск 15(50). М.: <Янус-К>, 2014.241 – 242
10. Брусенцов Н. П. Алгебраическая реконструкция силлогистики. Информационные технологии, 2008, №2. С. 7–10.

**Опубликовано:**

Владимирова Ю. С. О логических исследованиях Н.П. Брусенцова // Сборник трудов SoRuCom-2017. Четвертая международная конференция Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы. Зеленоград. 3-5 октября 2017 г. — ФГБОУ ВО РЭУ им. Г.В.Плеханова Москва, 2017. — С. 26–29.