

ИСТОРИЯ ЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

В. В. Шилов, к.т.н.

ЖУРНАЛ "ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" №6, 2004

“МАТИ” – РГТУ имени К.Э. Циолковского

1. Логические машины.

Историю логических машин обычно возводят к концу XII в., но сам этот термин появился только во второй половине позапрошлого столетия. Вероятно, первым его применил Уильям Стенли Джевонс, а затем популяризировал Чарльз Сандерс Пирс.

Крупный американский философ и психолог Марк Болдуин (James Mark Baldwin, 1861-1934) в своем “Словаре” (“Dictionary of philosophy and psychology”, 1901 г.) дал следующее определение: “Логическая машина – инструмент, созданный для выполнения механическим способом действий с логическими символами и диаграммами”. Выдающийся популяризатор науки Мартин Гарднер (Martin Gardner, р. 1914) в первой и до сегодняшнего дня единственной обобщающей монографии, посвященной логическим машинам (“Logic Machines and Diagrams”, 1958 г.), определил их как механическое или электрическое устройство, созданное специально для решения задач из области формальной логики. Пожалуй, это определение и по сей день сохраняет свою справедливость. Дело в том, что последние попытки создания специализированных логических машин относятся как раз ко времени выхода в свет книги Гарднера. К этому же времени относятся и первые работы по программной реализации тех же задач с использованием универсальных электронных компьютеров. Эти работы обозначили окончание эпохи развития собственно логических машин.

В современном Большом энциклопедическом словаре это понятие определяется так: “Механическое или электронное устройство для выполнения логических операций: оценки и преобразования формул, доказательства теорем, преобразования информации и пр. Разработаны специализированные логические машины; в качестве логических машин применяются также универсальные ЭВМ (по соответствующим программам)”. Такое расширительное толкование понятия едва ли можно считать приемлемым. Разумеется, и компьютер можно назвать логической машиной, поскольку он способен решать задачи всех названных выше типов. Но исторически термин “логическая” применялся к очень ограниченному и вполне конкретному кругу машин (так, Болдуин указывает ровно на три логические машины, Гарднер добавляет к ним еще несколько), и вряд ли этот круг стоит искусственно расширять. В настоящей работе предпринята попытка дать по возможности полное изложение истории логических машин. Особое внимание уделено тем из них, которые либо вовсе не были упомянуты в классической работе Гарднера (круглый демонстратор Стенхоупа, интеллектуальные машины Корсакова), либо не были им более или менее детально охарактеризованы (логические машины Сми, Маколя, Бурака).

2. Великое искусство Раймунда Луллия.

В конце XIII в. каталонский философ-мистик, математик и логик Раймунд Луллий (Raimond Lull, 1232/35-1315) создал устройство, описанное им в трактате “Ars Magna” (“Великое искусство”) и ряде других работ – первый прибор для механизации процесса логического вывода. Луллий был выходцем из знатной семьи, занимал видное положение при дворе короля Мальорки. Он прославился как первый поэт, писавший на каталанском языке, и автор нескольких философских романов. В 1265 г. под влиянием

посещавших его мистических видений Луллий решил посвятить себя миссионерской деятельности. (Луллий говорил, что и “Великое искусство” открылось ему в 1275 г. путем мистического озарения на горе Ранд; поэтому он понимал его в первую очередь как средство для доказательства истинности христианского учения.) Он объездил всю Европу, открывая миссионерские школы, организуя изучение восточных языков в университетах и призывая возобновить крестовые походы. Луллий и сам шесть раз осуществлял миссионерские экспедиции в Северную Африку, на Кипр и на Сицилию. Согласно легенде, он был побит камнями в Тунисе во время проповеди Евангелия.

Исходной посылкой построений Луллия была мысль о том, что в каждой области знаний можно выделить несколько основных категорий или первичных понятий, “первичных принципов”, комбинируя которые, можно добыть все мыслимые знания о мире и открыть действительную связь вещей. Первичные категории Луллий обозначал буквами латинского алфавита, а для получения комбинаций использовал два концентрических круга, разделенных радиальными линиями на секторы (*camerae* – камеры). В каждую камеру помещалось либо наименование категории, либо её буквенное обозначение. Вращая внутренний круг, легко получить таблицу различных комбинаций.

В первой книге Луллия, написанной сразу же после озарения на Ранде, содержалось семь *фигур*. Первая и главная из них посвящена Богу и обозначена буквой *A*, помещенной в центр двух концентрических кругов, разделенных на 16 камер. В камерах внешнего круга записаны атрибуты Бога, в камерах внутреннего круга буквы, их обозначающие, например, *B* – *bonitas* (доброта), *C* – *magnitudo* (величие), *D* – *aeternitas* (вечность), *E* – *sapientia* (мудрость) и т.д. Вращая внутренний круг относительно внешнего, мы получаем 240 комбинаций, каждая из которых сообщает определенные сведения. Так, можно узнать, что доброта Всевышнего велика (*BC*) и вечна (*CD*), мудрость бесконечна (*ED*), бессмертие истинно (*DI*) и т.д. Размышляя над этими комбинациями, можно найти толкование многих теологических проблем.

Вторая *фигура* (рис. 1), обозначенная буквой *S*, посвящена душе. Четыре окрашенных в различные цвета квадрата соответствуют четырем состояниям души. Голубой квадрат с углами *B*, *C*, *D*, *E* – это нормальная, здоровая душа. Буквы означают: память, которая помнит (*B*); рассудок, который знает (*C*); волю, которая любит (*D*), и соединение этих способностей (*E*). Черный квадрат символизируют душу человека, воля которого праведно ненавидит (*H*) (например, ненавидит грех). Буквами *F* и *G* обозначены способности, эквивалентные способностям *B* и *C* предыдущего квадрата, а *I* – объединение способностей *F*, *G* и *H*. Красный квадрат – это душа, память которой не помнит (*K*), рассудок невежествен (*L*), воля преисполнена низкой ненависти (*M*); *N* – союз этих отрицательных способностей. Наконец, зеленый квадрат – душа сомневающаяся; *R* – соединение памяти, помнящей и забывающей (*O*); рассудка, знающего и неведующего (*P*); воли любящей и ненавидящей (*Q*). Луллий считал, что последнее состояние души – наиболее неблагоприятное и даже опасное. Четыре квадрата расположены в *фигуре* так, что их углы образуют круг из шестнадцати букв. Это расположение более хитроумно, чем может показаться на первый взгляд. Действительно, если внимательно изучить рисунок, то можно обнаружить, что буквы *E*, *I*, *N*, *R*, являющиеся результирующим представлением различных состояний души, расположены последовательно, а каждая из букв *O*, *P* и *Q* объединяет в себе три предшествующие способности (если обходить круг по часовой стрелке). Вращением внутреннего круга получают 136 комбинаций способностей, исчерпывающих все наше знание о человеческой душе.

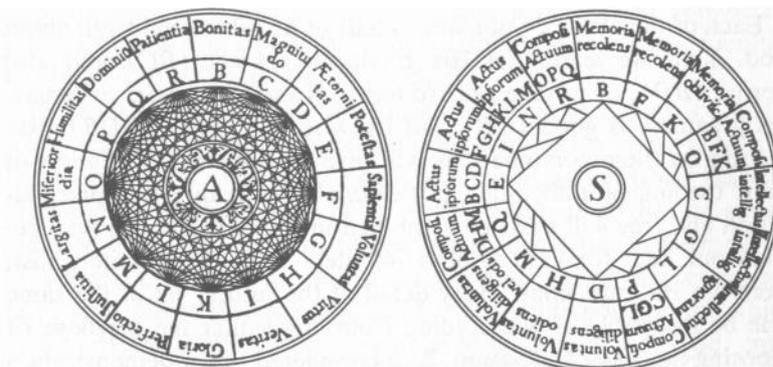


Рис. 1. Первая и вторая фигуры Великого искусства.

Посредством третьей *фигуры* (*T*) можно исследовать соотношения между субъектами. Пять равносоставленных треугольников, раскрашенных в различные цвета, образуют при наложении внутренний круг *фигуры* с 15 камерами. Буквы в этой *фигуре* обозначают: в голубом треугольнике – Бог, творение, действие; в красном – начало, середина, конец; в желтом – большинство, равенство, меньшинство; в черном – утверждение, отрицание, сомнение; в зеленом – различие, подобие, противоположность. Вращение внутреннего круга относительно внешнего, камеры которого содержат те же 15 понятий, расчлененных на дополнительные элементы, дает 120 комбинаций (пары совпадающих букв *BB*, *CC* и т.д. исключаются). Четвертая *фигура* (*V*) посвящена семи добродетелям и семи грехам, пятая (*X*) – восьми парам таких противоположных понятий как, например, “вина” и “заслуга”, размещенных попеременно в голубых и зеленых камерах), и т.д.

В последующих трудах, посвященных Великому искусству, Луллий шел в двух направлениях: с одной стороны он усложнял *фигуры*, с другой – упрощал их, уменьшая число исходных понятий. Вершиной изобретательности Луллия стала *figura universalis*, состоявшая из четырнадцати металлических дисков, при помощи которой можно было получить около 18×10^{15} сочетаний понятий. Эта машина как бы воплощала в себе некий всеобъемлющий ум, способный выразить в формализованных суждениях все, что можно знать обо всем на свете. Однако значительно большей популярностью пользовались упрощенные девятикамерные *фигуры*. Луллий дополнил их своеобразным алфавитом, каждая буква которого, от *B* до *K*, обозначала группу понятий (буква *A* – это Троица: Сущее, Единое, Совершенное). Наборы понятий представлены в виде таблицы, в шести строках которой записаны абсолютные и относительные категории (предикаты), вопросы, субъекты (субстанции), добродетели и грехи. Для того, чтобы таблица была девятизначной по всем строкам, Луллий добавил к традиционным семи грехам и семи добродетелям еще по паре, а в последнюю колонку третьей строки поместил два вопроса (ибо строка вопросов, грубо говоря, соответствует десяти Аристотелевым категориям). В других сочинениях Луллий добавляет к таблице еще строку акциденций: количество, качество, отношение, деятельность, страдание, обладание, положение, время, место.

Луллий, несомненно, понимал, что для заключения одного лишь сопоставления понятий недостаточно. Он надеялся посредством механического комбинирования “первичных принципов” получить “строительные блоки”, из которых можно будет это заключение выстроить. Таким образом, согласно Луллию, первой задачей исследователя, вооруженного знанием Великого искусства, является составление для каждой науки исчерпывающего перечня основополагающих понятий. К сожалению, понимание того, что понятия суть результат познания, и что в науках отсутствуют

некие самоочевидные “первичные принципы” – сложилось еще очень нескоро. Так что здесь Луллий ошибся. Вторую часть задачи – образование всех возможных комбинаций понятий – должна выполнить машина, использование которой гарантирует полноту набора сочетаний. Здесь Луллий прав, это действительно та часть работы, которую можно и целесообразно механизировать. Часто, указывая на наивность механицизма Луллия, совершенно упускают из вида, что третья часть задачи – принятие решения об истинности той или иной комбинации терминов, согласно Луллию, целиком и полностью является прерогативой исследователя, т.е. человека. Таким образом, машина выступает у него лишь *инструментом*, предлагающим для анализа все новые и новые варианты. Здесь вполне можно провести – пусть достаточно грубую – аналогию с современными экспертными системами, которые также выступают в роли генератора возможных вариантов решения той или иной задачи, оставляя окончательный выбор за анализирующим их специалистом.

3. Критика и рецепция идей Луллия.

Идеи Луллия развивали такие выдающиеся мыслители, как кардинал Николай Кузанский (Nicolaus Cusanus, 1401-1464), Агриппа Неттесгеймский (Cornelius Agrippa von Nettesheim, 1487-1535), Джордано Бруно (Jordanus Brunus Nolanus, 1548-1600), Афанасий Кирхер (Athanasius Kircher, 1602-1680) и другие. Особое влияние идеи Луллия оказали на формирование философских и научных воззрений Г. В. Лейбница (Gottfried Wilhelm von Leibniz, 1646-1716). Так, Лейбниц заявлял, что его цель – не просто получение новых результатов (например, в математике), а выработка общего формального метода, позволяющего находить таковые. В основе, по Лейбницу, должен был лежать “всеобщий алфавит” человеческих знаний. Но, в отличие от Луллия, Лейбниц считал необходимым сверх того создать для них целесообразную систему обозначений – *универсальную характеристику*, а также выработать систему правил для получения сложных понятий из простейших. В позднейших философских сочинениях Лейбниц даже заявляет, что Бог творит путем исчисления возможных миров и выбора наилучшего, т.е. фактически по методике Луллия.

В то же время присущие луллизму схоластические черты неоднократно становились предметом резких оценок; их высказывали, в частности, Франсуа Рабле, Фрэнсис Бэкон и Рене Декарт. Считается, что Джонатан Свифт в третьей части романа “Путешествия в некоторые отдаленные страны света Лемюэля Гулливера, сначала хирурга, а потом капитана нескольких кораблей” (“Путешествие в Лапуту, Бальнибарби...”, 1726 г.) высмеял идеи Луллия, описав Большую Академию в городе Лагадо, члены которой работали над созданием “особых механических приборов, предназначенных для открытия отвлеченных истин”. Как писал Свифт, благодаря им “самый невежественный и бездарный человек при небольшой затрате средств и физических усилий может писать книги по философии, политике, праву, математике и богословию”. Здесь стоит отметить, что первым назвал описанную Свифтом машину “логической” Стенли Джевонс (в предисловии ко второму изданию “Основ науки”, 1877 г.), который, однако, не связывал направленность сатиры с именем Луллия. Спустя десять лет Чарльз Сандерс Пирс высказывал предположение, что мишенью Свифта были Аристотель и Фрэнсис Бэкон. Более того, ни один британский исследователь творчества Свифта имя Луллия в контексте третьего путешествия Гулливера никогда не упоминал. Так что вполне возможно, что в намерения гениального сатирика полемика с Луллием вовсе и не входила.

Также можно добавить, что, словно вопреки скептицизму Свифта, первый успешный опыт механизации творческого процесса состоялся именно в Англии, где в 1847 г.

Джон Кларк (John Clark, 1775-1853) построил машину для сочинения латинских гекзаметров, ставшую завершением его почти двадцатилетних трудов.

4. Демонстраторы Чарльза Стенхоупа.

Следующий шаг в создании логических машин последовал только спустя пять веков. Человеком, который сделал его, стал Чарльз Стенхоуп, третий граф Стенхоуп (Charles Stanhope, 3rd Earl Stanhope, 1753-1816). Он был, вероятно, одной из самых ярких и необычных фигур английского общества конца XVIII – начала XIX вв. Неординарной была политическая деятельность третьего графа Стенхоупа, – единственного члена палаты лордов, который придерживался крайне радикальных взглядов.

Как и многие британские аристократы того времени, Стенхоуп был увлечен наукой, которая с юности стала для него едва ли не важнейшим делом жизни (членом Лондонского Королевского общества его избрали в возрасте 17 лет). Более тридцати лет Стенхоуп занимался исследованиями в области логики. К сожалению, его большое сочинение на эту тему так и не было завершено, осталось в рукописи и не получило известности. Однако даже больший интерес, чем сам этот труд, представляет практический результат, который получил его автор: два вида механических устройств для решения силлогизмов, которые Стенхоуп назвал “демонстратором” (demonstrator).

Попытка создать механизмирующий процесс рассуждений инструмент для Стенхоупа была вполне естественной, – ведь уже существовали автоматы, выполнявшие крайне сложные функции, осуществление которых считалось ранее только человеческой прерогативой (напомним, что созданные во второй половине XVIII в. автоматы могли двигаться, играть на музыкальных инструментах, рисовать и даже говорить). Так почему же не предположить, что можно создать механизм, рассуждающий подобно человеку? Разумеется, человек является венцом творения – но должен ли он переоценивать свои возможности? “... машина есть противоядие против нашего самомнения”, – считал Стенхоуп.

Круглый демонстратор. Сохранились три демонстратора круглой формы. Каждый из них состоит из трех концентрических дисков, причем верхний и нижний изготовлены из латуни, а средний из стекла. Лицевая поверхность нижнего диска покрыта цветной эмалью, один полукруг белой, а второй – синей. Одна половина стеклянного диска прозрачная, а вторая окрашена красной краской (которая, правда, в одном из демонстраторов практически стерлась). В верхнем диске вырезано полукруглое окно, занимающее 180°. Вдоль окружности диска над окном через равные промежутки в 36° нанесены цифры от 1 до 5, те же цифры, нанесенные на нижний диск, видны в окне. Диаметр дисков демонстратора равен 18 см.

Отходя от принятой в классической логике терминологии, для обозначения среднего термина силлогизма Стенхоуп использует слово *holos* (от греческого “целый”; это название, вероятно, должно напоминать об одном из правил простого категорического силлогизма: хотя бы в одной посылке средний термин должен быть взят в полном объеме). Большой и меньший термины силлогизма Стенхоуп называет *ho* и *los* (они не связаны жестко с субъектом и предикатом, и могут относиться как к тому, так и к другому, т. е. порядок следования посылок для Стенхоупа неважен).

Стенхоуп приводит следующий пример. В картинной галерее имеется пять картин, из них четыре – портреты, а три – картины кисти Рубенса. При его решении Стенхоуп формулирует “Правило открытия логических заключений”, которое звучит следующим образом: “Добавь *ho* к *los* и отними *holos*. Тогда остаток (если он есть) представляет степень заключения (extent of consequence)”. В примере с картинами мы считаем, что

holos – это 5 (все 5 картин из галереи), и его представляет окно демонстратора. Красная часть стеклянного диска – это ho, которая равна 4 (4 портрета), а синяя часть нижнего диска – это los, который равен 3 (3 картины кисти Рубенса). Их наложение при вращении дисков позволяет получить результат. Сложение ho и los дает 7 ($4+3=7$), а вычитание holos из результата ($7-5=2$) позволяет заключить, что по крайней мере две картины в картинной галерее – это портреты кисти Рубенса.

Круглый демонстратор был создан Стенхоупом на раннем этапе его работ (первые сведения о нем появляются в одном из писем 1801 г.) и предназначался для иллюстрации только этого конкретного примера, в котором объем среднего термина равен 5. После 1802 г. о круглом демонстраторе Стенхоуп больше ни разу не вспоминает. Вероятно, именно по этой причине даже о его существовании стало известно лишь спустя два столетия, когда в 1995 г. лондонский Музей науки приобрел три описанных выше демонстратора.

Квадратный демонстратор. Однако работа Стенхоупа над усовершенствованием логических машин продолжалась, и около 1805 г. он создал новый прибор. Этот демонстратор представлял собой небольшой (размером $4'' \times 4.5'' \times 0.75''$) брусок красного дерева, верхняя плоскость которого была прикрыта латунной пластиной. В пластине вырезано квадратное окно размером приблизительно $1'' \times 1''$, а в деревянном корпусе под ним имеется углубление приблизительно в полдюйма. Это окно Стенхоуп назвал holon, и оно представляет holos, т.е. взятый в полном объеме средний термин силлогизма.

С трех сторон в приборе имеются пазы, через которые можно вдвигать прозрачные пластины разных цветов. Серая пластина представляет ho – тот термин в первой посылке, который не является средним (субъект или предикат). Она вдвигается в демонстратор через паз в левой части прибора и может закрыть как все окно, так и его часть. los – термин во второй посылке, который не является средним, представлен пластиной из прозрачного красного стекла. Ее вдвигают в прибор через паз в правой части демонстратора. Пластины могут перекрывать друг друга, но при этом красная обязательно должна находиться сверху. Красную пластину нельзя вынуть из прибора, в отличие от серой, которую можно вынимать для того, чтобы вновь вдвигать в него через третий паз, имеющийся в верхней части. На латунной пластине с двух сторон (сверху и слева) через равные промежутки нанесены числа от 0 до 10. Кроме того, те же цифры написаны вдоль нижней кромки красной пластины.

Способ работы квадратного демонстратора достаточно прост и может быть рассмотрен на примере. Пусть имеются два суждения (посылки):

Ни одно M не есть A

Все V есть M

Преобразуем их:

Все M есть некоторые не A

Все V есть некоторые M

Именно в этом моменте состоит особенность применения демонстратора для решения силлогизмов: обе посылки должны быть предварительно записаны в утвердительной форме.

Вернемся к примеру. В данном случае окно (holon) представляет “все M”. С учетом порядка записи посылок, серая пластина (ho) соответствует “некоторым не A”, поэтому ее следует вдвинуть в правый паз до упора так, чтобы она закрыла все окно. Тем самым задана первая посылка, – установлено тождество “всех M” с “некоторыми не A”.

Соответственно красная пластина (los) представляет “все В”. Она вдвигается так, чтобы закрыть часть окна. Тем самым задана вторая посылка – тождество “всех В” и “некоторых М”. Поскольку прозрачная красная пластина находится сверху, то сквозь нее можно увидеть, что в данном случае две пластины частично перекрывают друг друга. Это означает, что имеется тождество между ho и los, то есть заключением из этих двух посылок будет “Все В есть некоторые не А” (в традиционных силлогизмах это заключение записывается в виде “Ни одно В не есть А”).

Правила работы с квадратным демонстратором можно сформулировать следующим образом:

1. Если субъект или предикат в посылке связаны с полным объемом среднего термина, соответствующая пластина вдвигается так, чтобы закрыть все окно.
2. Если субъект или предикат в посылке связаны не с полным объемом среднего термина (т. е. используется квантор “некоторые”), то соответствующая пластина вдвигается так, чтобы закрыть лишь часть окна.
3. Если субъект или предикат не связаны со средним термином (посылка имеет форму “Ни одно А не есть М” или “Все А есть некоторые не М”), то соответствующая пластина вообще не вдвигается в паз и не закрывает никакую часть окна.
4. После того, как обе пластины, представляющие субъект и предикат, заняли требуемое положение, то проверяется их взаимное расположение. Если имеет место наложение пластин, то между терминами имеется связь. В противном случае заключение не может быть выведено.

С помощью демонстратора можно получить заключение из двух посылок или убедиться в отсутствии такового. Однако легко заметить и явную ограниченность прибора, поскольку предваряющий его применение процесс изменения формы суждения от утвердительной к отрицательной (*obversio*) сам по себе достаточно непрост и может послужить источником ошибки. При этом его трудоемкость вполне сопоставима с трудоемкостью решения силлогизма *без использования* демонстратора. Кроме того, переход к другой, зачастую менее естественной, форме записи суждений делает их менее наглядными.

Однако при работе с квантифицированными терминами демонстратор Стенхоупа гораздо предпочтительнее, например, диаграмм Венна:

Большая часть М есть некоторые А
Большая часть М есть некоторые В.

Очевидно, что если обе пластины вдвинуты в пазы так, чтобы закрывать большую часть окна, они обязательно наложатся. Это означает, что из этих посылок может быть сделан вывод:

Некоторые А есть некоторые В

Это пример количественно определяемых суждений, не подпадающих под определение классического силлогизма. Считается, что впервые их изучал в середине XIX в. Август де Морган, но, как мы видим, Стенхоуп в этом отношении предвосхитил его.

Квадратный демонстратор, как и круглый, можно применять для решения силлогизмов с числовыми квантификаторами (Стенхоуп снова указывает: “Добавь ho к los и отними holos”). Таким образом, демонстратор успешно решает силлогизмы и при использовании квантификаторов “более половины”, “менее половины”, “все”, “некоторые”, и при числовом квантифицировании терминов.

Но особенно интересен еще один тип задач, которые также можно решать с помощью демонстратора. Еще Лейбниц задумывался о категории вероятности: “игнорирование изучения степеней вероятности – заметный дефект нашей логики”, – писал он. Позднее о связи вероятности и логики размышляли и другие ученые, однако, похоже, что Стенхоуп стал первым, кто получил здесь конкретные результаты. В заметках, относящихся приблизительно к 1805 г., он пишет: “Я также сделаю обзор необычной логики, связанной с вероятностью. Эта часть науки, которая до настоящего времени полагалась особенно сложной, будет – я верю – представлена очень ясно”. И далее: “что касается установления степени сомнения в недостоверных фактах, которое может служить причиной возникновения различия во взглядах, то по отношению к нему я буду использовать термин логика вероятностей”. К сожалению, сам Стенхоуп не разобрал ни одного примера применения демонстратора к “логике вероятностей”, однако из правила, приведенного в нижней части квадратного демонстратора, совершенно понятно, как именно следует решать задачи из этой области. Это правило гласит: “Отношение между площадью темно-красной [части окна – т.е. той, в которой пластины наложились] и площадью holon есть вероятность, следующая из красного и серого [т.е. из посылок]”.

Например, пусть требуется определить вероятность того, что бросаемая монета оба раза упадет орлом вверх. Holon в этом случае представляет 1, или “достоверность”. Вероятность того, что монета упадет орлом вверх при первой попытке, равна $\frac{1}{2}$. Чтобы показать это, вытащим серую пластину из левого паза и вставим в верхний паз, а затем будем вдвигать ее до тех пор, пока ее нижняя кромка не поравняется с цифрой 5, написанной с левой стороны окна. Половина окна закрыта пластиной. Теперь вдвигаем красную пластину до тех пор, пока она не закроет половину окна. Это действие соответствует второму бросанию монеты. Темно-красная область (область наложения пластин), занимает одну четверть площади окна. Это и есть искомая вероятность.

Стенхоуп ставил логику на первое место среди своих многочисленных занятий. Все свои многочисленные открытия он объяснял именно ее правильным применением. Но, в отличие от некоторых других работ и изобретений, логические труды Стенхоупа не обрели громкой известности. Одна из причин этого – то, что книга по логике “Наука рассуждения, несомненно объясненная посредством новых оснований”, над которой Стенхоуп работал многие десятилетия и готовил к печати незадолго до смерти, так и не увидела света. Кроме того, Стенхоуп считал свое изобретение чрезвычайно важным и просил друзей “сохранять его в тайне” – граф был весьма озабочен возможностью появления “какой-либо подделки” до того момента, как он подготовит полную публикацию по этому вопросу. Эта публикация так и не состоялась, и о существовании квадратного демонстратора стало известно только спустя шестьдесят лет после смерти графа, когда преподобный Роберт Харли (Robert Harley, 1828-1910) опубликовал первую статью о приборе. Однако уже наступила иная эпоха, и демонстратор Стенхоупа не стал сенсацией. Сегодня квадратный демонстратор, который изучил и описал Р. Харли, находится в Музее истории науки в Оксфорде. Другой квадратный демонстратор был подарен 7-м графом лондонскому Музею науки в 1953 г. Еще два демонстратора до сих пор хранятся в архиве Чивнинга – бывшего поместья Стенхоупов.

5. Интеллектуальные машины Семена Корсакова.

В сентябре 1832 г. в Петербургскую академию наук поступило письмо от коллежского советника Семена Корсакова, в котором тот сообщал, что “имел счастье открыть новый способ исследования, крайне важный по своим приложениям”. Существо своих

предложений Корсаков подробно излагал в документе, озаглавленном “Сообщение о новом методе исследования”. Академия наук отнеслась к нему со всей серьезностью и отреагировала весьма оперативно: ровно неделю спустя Общее собрание заслушало сообщение о предложениях Корсакова и постановило создать для его рассмотрения Комиссию, в которую вошли четыре академика.

Что же предлагал Семен Николаевич Корсаков (1787-1853)? Он представил пять “интеллектуальных машин”, каждая из которых, по мнению изобретателя, должна были позволять сравнивать относящиеся к какой-нибудь области знаний сложные понятия, признаки которых предварительно были помещены в специальную таблицу. Перечислим эти машины и опишем их назначение, а также способ использования так, как это сделал сам изобретатель.

Первая из них – это **прямолинейный гомеоскоп с неподвижными частями**. Вот как его описал назначение Корсаков: “среди большого числа представлений, помещенных в таблице, он обнаруживает то, которое содержит во всех деталях другое заданное сложное представление. Машина дает этот результат, останавливаясь сама собою во время операции. <...> Число деталей может простираться до сотен”. Суть процесса сравнения становится вполне очевидной, если посмотреть на рис. 2, поясняющий его.

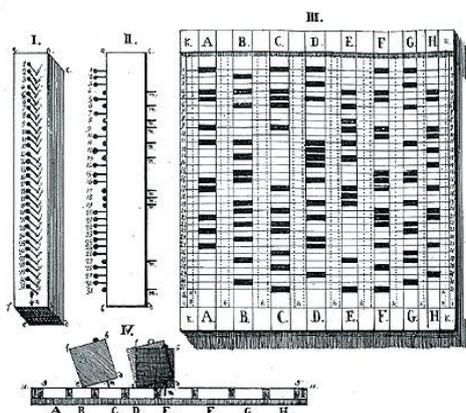


Рис. 2. Прямолинейный гомеоскоп с неподвижными частями.

Корсаков полагал, что прибор можно применять в медицине: детали сложного представления в данном случае – это подробно описанные симптомы той или иной болезни, а результат работы – указание на предназначенное для ее лечения лекарство. Тогда каждый столбец таблицы III описывает ту или иную болезнь, множество симптомов которой задано отверстиями в клетках таблицы. В прямоугольный брусок I, по высоте равный столбцу таблицы, втыкаются булавки (номер позиции каждой булавки совпадает с номером одного из симптомов болезни). Зная симптомы заболевания, которое требуется диагностировать, соответствующие им булавки втыкают в брусок до упора – так, чтобы их острия выступали с противоположной стороны бруска (II). Затем брусок перемещают в вертикальном направлении вдоль таблицы остриями булавок вниз (IV). На том столбце, где все они попадут в отверстия, движение прекращается (на рисунке это столбец E). Под столбцом читаем название лекарства против болезни, имеющей заданные симптомы.

Прямолинейный гомеоскоп с подвижными частями предназначен для той же цели, однако, сверх того, “перечисляет и немедленно выделяет из данного сложного представления все подходящие и неподходящие детали по мере того, как они приводятся в соприкосновение с деталями, указанными в таблице”.

Плоский гомеоскоп. Корсаков пишет, что прибор "... мгновенно указывает, что есть соответствующего и несоответствующего в двух сложных представлениях, сравниваемых друг с другом, причем их детали могут составлять до десяти тысяч и даже более". Фактически это две таблицы, А и В. Каждая строка таблицы В соответствует некоторому сложному понятию, а наличие тех или иных деталей в нем задается наличием или отсутствием отверстия в соответствующей клетке. В таблице А того же размера и той же размерности каждой детали некоторого сложного понятия соответствует воткнутая в соответствующее отверстие длинная булавка. Обе таблицы изготовлены в виде столиков, причем у таблицы А его "ножки" несколько выше. Затем таблица А ставится на таблицу В, и там, где признаки совпадают, булавки проходят в ее отверстия, а там, где не совпадают – не проходят. В приведенном примере понятие *e* из таблицы А совпадает с понятием *e* из таблицы В по четырем признакам (1, 4, 7, 10) и не совпадает по остальным. Упомянутые изобретателем 10000 деталей означают, что размер каждой из таблиц можно довести до 100×100.

Идеоскоп за несколько минут выполняет сравнение большого числа сложных представлений, представленных в особой таблице. Он определяет совпадающие и несовпадающие детали в двух соседних представлениях; различие данного сложного представления и сравниваемого с ним; детали, которых нет ни в том, ни в другом сложном представлении, но которые имеются в других сложных представлениях данной таблицы. При этом крайне важно, что имеется возможность "определять в самый момент сравнения относительную степень значимости каждой из деталей". *Простой компаратор* "... дает те же четыре результата, что идеоскоп, но может работать лишь над двумя сложными представлениями, сравнимыми между собой. Он охватывает лишь несколько десятков деталей, но ... для него не нужны таблицы".

Заключение Комиссии датированное 24 октября, оказалось отрицательным. Академики отдали должное как оригинальности идеи, так и изобретательности Корсакова, однако, во-первых, полностью отказали ей в практической, а во-вторых, несколько умилили оптимизм автора по поводу ее возможностей. В самом деле, Корсаков писал: "... естественно предположить, что изобретение способа, который сможет расширить область действия самого высшего органа человека, руководящего всеми другими, – его разума – должно иметь ... важные последствия. Нужно только, чтобы глубокие и выдающиеся ученые постигли его принцип и составили таблицы, необходимые для его применения к различным отраслям человеческого познания". Т. е. сам Корсаков отнюдь не ограничивал использование своих машин поиском и сравнением, а полагал, что им предложено нечто большее – метод исследования и инструмент для получения нового знания. Однако комиссия резонно с этим не согласилась: "Члены Комиссии ... не могут одобрить применения этих методов исследования к наукам. Прежде всего, ни чистая, ни прикладная математика не могут извлечь из них никакой пользы, потому что сущность [этих наук] нельзя свести к таблицам. То же относится к физике и химии".

Комиссия указала, что приборы Корсакова неприменимы, если речь идет о новом понятии: "Если кто-нибудь неискушенный в науке (а именно для таких лиц автор и изобрел свой метод исследования) найдет растение, животное или минерал или совершенно неизвестный, или не содержащийся в таблице, то предполагаемый способ не дает ему никакой возможности включить его в общую систему или дать ему название". Кроме того, "... если таблица составлена правильно, то можно по его способу найти лекарство ... рациональная медицина чаще всего усматривает в симптомах показание к применению нескольких лекарств одновременно, а потому она и не может пользоваться подобным методом, тем более, что этот метод не принимает в расчет ни силу, ни относительную важность симптомов". Комиссия отметила

принципиальную реализуемость идей Корсакова, но указала на трудности, возникающие при их практическом воплощении: "... почти безграничное количество предметов также не дает надежды на более полное его использование".

Комиссия резюмировала: "Если эти соображения доказывают членам Комиссии (а число этих соображений легко может быть увеличено), что предложенный их вниманию метод исследования никоим образом не может получить одобрения, то здесь отнюдь не имеется в виду разочаровать автора. Напротив, желательно предложить ему приложить свой талант и свое усердие к методам, более применимым на практике. Г-н Корсаков потратил слишком много разума на то, чтобы научить других обходиться без разума".

6. Логические машины Альфреда Сми.

В середине XIX в. известный английский врач, член Лондонского Королевского общества Альфред Сми (Alfred Smee, 1818-1877) разработал теорию, которую назвал *электробиологией*. Ее целью было изучение влияния электрических явлений на функционирование человеческого организма, при этом Сми особенно интересовала связь электрического стимулирования нервной системы с работой головного мозга. В 1851 г. он издал в Лондоне книгу "Process of Thought Adapted to Words and Language" ("Процесс мышления, сведенный к словам и языку"), в которой изложил план построения искусственной системы вывода заключений, моделирующей механизмы работы человеческого мозга. Правда, Сми опирался не на знание этих механизмов (в то время практически неизвестных), а на свои представления о том, какими они могли бы быть. Каждое понятие можно описать, указывая на наличие или отсутствие у него тех или иных свойств, и Сми предположил, что эта информация отображается в головном мозге в виде электрических сигналов, передаваемых по нервным волокнам. Таким образом, каждое понятие можно представить в виде набора нервных волокон, по которым проходят соответствующие электрические импульсы.

Сми в общих чертах описал два механических устройства. Первое, *машина отношений* (Relational machine), предназначалось для представления понятий. С помощью второго, *машины различий* (Differential machine), два понятия предполагалось сравнивать. Машина отношений должна была изготавливаться из большого куска листового металла, разделенного регулярным образом на соединенные петлями половинки. Одна половина соответствовала наличию, а вторая – отсутствию определенного свойства. Весь лист должен был складываться таким образом, чтобы отсутствующие свойства не были видны. Таким образом, видимые фрагменты листа представляли совокупность свойств данного понятия. Машина различий состояла из двух машин отношений, связанных посредством устройства, позволявшего сравнивать их состояние и выдавать суждение о том, насколько они совпадают (полностью, вероятно, может быть, не совпадают).

Сми полагал, что посредством его машин можно моделировать процесс мышления, но при этом понимал также, что имеющимися в его распоряжении механическими средствами в полном объеме реализовать их невозможно. По его оценке, машина, в которой были бы представлены все понятия, необходимые для решения более или менее сложной практической задачи, занимала бы площадь, равную всему Лондону, а при попытке привести ее в действие разрушилась бы. Неизвестно, пытался ли Сми построить хотя бы небольшую модель своей машины, но его книга пользовалась большой популярностью.

Несмотря на различное происхождение и абсолютное несходство реализации, можно заметить и некоторое родство интеллектуальных машин Корсакова и машин Сми – и

там, и там речь идет о некотором способе представления признаков сложного понятия и способе их механического сравнения.

7. Логические машины Стенли Джевонса.

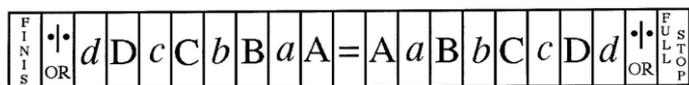
Имя выдающегося английского ученого Уильяма Стенли Джевонса (William Stanley Jevons, 1835-1882) сегодня редко упоминается в связи с историей вычислительной техники. И это крайне несправедливо, ведь на самом деле сегодняшний вид булевой алгебры придумал не кто иной, как Джевонс. Именно благодаря работам Джевонса алгебра логики сформировалась практически в современном виде. Одного этого было бы достаточно, чтобы поместить Джевонса в пантеон компьютерной славы. Но, сверх того, он стал первым, кто построил настоящую логическую машину. Слово **машину** следует подчеркнуть, поскольку устройства Луллия и Стенхоупа машинами назвать все-таки трудно.

Первая работа Джевонса в области логики появилась в 1863 г. Приблизительно в это же время для упрощения логических выкладок он начал использовать “логическую доску” (*logical slate*), – обычную классную доску, на которой слева были выписаны все возможные комбинации логических переменных и их отрицаний для числа переменных от одной (два варианта) до шести (64 варианта). Полный набор комбинаций Джевонс сначала назвал “логическим абecedариумом” (*abecedarium*), но ни его студентам, ни читателям это неуклюжее слово не понравилось, и он остановился на названии “логический алфавит”. Условия задачи (посылки) записывались справа, в свободной части доски, и по мере проверки не удовлетворяющие им комбинации терминов просто вычеркивались. Джевонс писал, что логическая доска, которую он использовал в течение 12 лет, сэкономила ему немало времени и позволила избежать множества ошибок в процессе выкладок. Правда, Джевонс писал также и о том, что логическую доску затруднительно использовать при числе переменных, превышающем 6.

Позднее Джевонс изобрел другое предназначенное для учебных целей приспособление, которое назвал “логическим абаком”. Он писал: “Абак является самым подходящим средством для объяснения сути и хода процесса формального вывода, и его можно с успехом использовать во время лекций для демонстрации полного анализа аргументов и логических условий и объяснения возможных ошибок”. Это была установленная с наклоном обычная школьная доска, на которой имелись четыре горизонтальные полочки одинаковой длины. На верхней полочке помещались дощечки с записанными на них посылками, (кроме букв, они могли содержать также знаки операций, например, равенство). На второй сверху полочке устанавливались тонкие деревянные прямоугольные дощечки с написанными на них комбинациями букв, символизирующих логические переменные и их отрицания. Всего таких дощечек было 16 (ABCD, aBCD, ... , abcd). В отличие от логической доски, буквы на дощечках располагались не рядами, а вертикально. С тыльной стороны дощечек напротив каждой буквы наклонно вставлялась короткая стальная булавка (для больших букв в верхней части соответствующего квадрата, для маленьких – в нижней). Благодаря этому можно было длинной линейкой одновременно поднять несколько дощечек, обладающих общим свойством – например, разделить A и отрицание A, удалив все 8 дощечек, соответствующих комбинациям, в которых присутствует символ a. Комбинации переменных, которые не удовлетворяют посылке, преподаватель подцеплял линейкой и перемещал со второй на третью полочку. Если на первой полочке задавались несколько посылок, процесс повторялся. Таким образом, в конце концов, на второй полочке оставались только те сочетания переменных, которые совместимы со всеми заданными посылками. Разумеется, удаление каждой дощечки должно было сопровождаться

объяснением, почему ее необходимо удалить. По свидетельству Джевонса, принцип, который он использовал при построении логического абака и назвал “непрямым выводом”, был позаимствован им у древнегреческого философа Хрисиппа (III в. до н.э.).

Обдумывая моделирование логических действий, Джевонс понял, что операция исключения комбинаций переменных, несовместимых с посылками, которую выполнял на абаке человек с указкой, может быть механизирована. Действительно, движения держащей линейку руки и движения рычагов механизма чем-то похожи! Именно на этой аналогии и был основан принцип работы построенной им в 1869 г. логической машины. Внешне она походила на небольшое фортепьяно (высота машины составляла около 90 см) с клавиатурой из двадцати одной клавиши – это сходство еще больше усиливала крышка, которая по завершении работы прикрывала клавиши. На шестнадцати клавишах проставлены буквы, символизирующие термины в посылках. Особенности логики Джевонса требовали, чтобы все посылки были записаны в форме уравнений, т.е. содержали знак равенства. Поэтому левая половина клавиатуры соответствовала буквам, стоящим по левую сторону знака равенства в посылках (*субъектные буквы*). В правой половине располагались буквы, стоящие по правую сторону знака равенства (*предикатные буквы*). Оставшиеся пять клавиш служили для задания равенства, команды остановки машины и операции логического ИЛИ. В целом клавиатура имела следующий вид:



Перед началом решения все 16 комбинаций переменных были видны в окне на фасаде машины. Поскольку Джевонс создавал свою логическую машину в первую очередь для учебных целей, он использовал ее как наглядное пособие на лекциях по логике. Поэтому точно такое же окно имелось и на тыльной стороне корпуса машины, обращенной к аудитории, и слушатели могли видеть те же комбинации букв. Запуск машины осуществляется путем нажатия клавиш в порядке следования букв в посылках. По мере ввода посылок несовместимы с ними комбинации исчезают из поля зрения. Это происходит благодаря тому, что внутри корпуса машины находилась сложная система рычагов, ремней и пружин, которая при нажатии клавиш соответствующим образом сдвигала штанги с написанными на них именами переменных. По окончании процесса ввода всех посылок в окнах машины оставались только совместимые с ними буквенные комбинации. Рассмотрим пример:

Орел – это птица

Птица – это летающее существо.

В обозначениях Джевонса эти две посылки следовало записать так (обозначив орла буквой А, птицу буквой В и летающее существо буквой С):

$A=AB$ (А есть А и В, т.е. “Орел есть орел и птица”).

$B=BC$ (В есть В и С, т.е. “Птица есть птица и летающее существо”).

После ввода этих двух посылок с помощью клавиш в окне останутся лишь восемь комбинаций:

ABCD	ABCD	aBCD	aBCd
abCD	abCd	abcd	abcd

Четвертая буква D здесь лишняя (ее не было в исходных посылках), так что ее можно отбросить:

ABC	ABC	aBC	aBC
abC	abC	abc	abc

Для дальнейшего исследования теперь следует удалить повторяющиеся комбинации, после чего получим (как и предыдущее действие, это делается уже без помощи логической машины):

ABC	aBC
abC	abc

Отсюда можно получить различные заключения, которые требуется исследовать:

$A = ABC \vee aBC \vee abC \vee abc = ABC$ (Орел есть птица и летающее существо)

$a = ABC \vee aBC \vee abC \vee abc = aBC \vee abC \vee abc$ (Не орел есть или птица, или не птица и летающее существо, или не птица и нелетающее существо).

$B = ABC \vee aBC \vee abC \vee abc = ABC \vee aBC$ (Птица есть орел и летающее существо, или не орел и летающее существо).

$b = ABC \vee aBC \vee abC \vee abc = abC \vee abc$ (Не птица есть не орел и летающее существо, или не орел и летающее существо).

По сравнению с устройством Раймунда Луллия машина Джевонса имеет явное преимущество: в ней действительно (пусть частично) механизирован процесс логического вывода. Тем не менее, как и у каталонского мыслителя, результат вывода (точнее, удаления всех не удовлетворяющих исходным посылкам комбинаций) требуется еще соответствующим образом сформулировать и объяснить. А это может сделать только человек.

Существенным недостатком машины была ограниченная мощность – она предназначалась для вывода заключений из посылок, содержащих не более четырех терминов. Впрочем, сам Джевонс полагал, что в обычной жизни человеку вряд ли приходится решать логические задачи, подобные приведенной. Поэтому он считал свою машину всего лишь учебным пособием, помогающим лучше понять механизм логического вывода. Но все-таки машина Джевонса (которая сегодня хранится в Музее истории наук в Оксфорде) стала первым и достаточно удачным вариантом механизации процесса логического вывода, и, более того, указала цель, к которой можно стремиться – моделирование человеческого мышления.

8. Логические машины Алана Маркванда.

Все работавшие в области логических машин после Джевонса находились под его сильнейшим влиянием. Не был исключением и американец Аллан Маркванд (Allen Marquand, 1853-1924), который, однако, сумел это влияние преодолеть и построить одну из самых интересных и оригинальных логических машин.

Имя Маркванда до сих пор с глубоким уважением вспоминают в американской художественной среде. Он изучал теологию в Принстоне, затем год учился в Берлине, а в 1877-1880 гг. преподавал этику в известном университете Джонса Хопкинса. Когда в 1881 г. ему предложили вернуться в alma mater и занять должность профессора истории искусств, Маркванд принял его без колебаний. Он разработал первые академические программы по этому предмету, и уже через два года организовал и возглавил Департамент истории искусств – едва ли не первый в США. Маркванд был сыном

преуспевающего банкира, не чуждого изящным искусствам, – мецената и члена совета попечителей знаменитого музея “Метрополитен”. И от отца он в полной мере унаследовал не только любовь к прекрасному, но и щедрость. Будучи более чем обеспеченным человеком, значительную часть своего состояния Маркванд потратил на науку и благотворительность. Он анонимно финансировал работы американских археологов, за свой счет комплектовал университетскую библиотеку, пополнял фонды музея и издавал научные журналы и книги. Начиная с 1910 г. Маркванд работал в университете без оплаты, передав свою профессорскую ставку нуждающемуся коллеге. Итогом изучения им истории искусства стали несколько капитальных монографий об итальянской живописи эпохи Возрождения и греческой архитектуре, которые до сих пор не потеряли своего научного значения.

Естественно, возникает вопрос: каким образом пришел к логике и к логическим машинам человек со столь очевидными гуманитарными наклонностями? Несомненно, колоссальную роль в этом сыграла его встреча с выдающимся американским логиком и философом Чарльзом Сандерсом Пирсом (Charles Sanders Peirce, 1839-1914). Хотя трудно сказать, когда именно они познакомились, скорее всего, это произошло в Принстоне, куда Пирса изредка приглашали прочитать лекции по логике и философии. Тесно общались они и в то время, когда Аллан Маркванд преподавал в университете Джонса Хопкинса. Кроме того, они поддерживали активную переписку, обсуждая в ней многие вопросы, связанные с построением логических машин.

Первым результатом увлечения логикой стало для Маркванда построенное им не позднее 1881 г. механическое устройство для демонстрации вариантов силлогизмов – своего рода логическая машина. Она содержала три цилиндра разных диаметров. На два верхних цилиндра были наклеены карточки с различными вариантами посылок классических силлогизмов, а на третий – карточки с различными вариантами заключения силлогизма. На лицевой стороне устройства имелись три окна, и при вращении рукоятки карточки по очереди появлялись в окнах. Для перебора всех вариантов сочетания посылок и заключения было достаточно восьми полных оборотов рукоятки. Фактически это было всего лишь очень простое средство для наглядного представления силлогизмов. Однако оно интересно и как первое свидетельство интереса Маркванда к проблеме механизации логического вывода, и как доказательство его умения воплотить свои идеи в работающем механизме.

Вероятно, обратил внимание Маркванда на машину Джевонса именно Пирс. Первая логическая машина (она не сохранилась) Маркванда, собственноручно построенная им в 1881 г., по его признанию, полностью копировала прототип. Однако машина работала крайне ненадежно, и в конце года ему пришлось обратиться за помощью к одному из коллег. Уже в начале 1882 г. вторая логическая машина Маркванда была готова.

Изготовленная из красного дерева, она также походила на машину Джевонса, и также предназначалась для упрощения логических выражений не более чем с четырьмя терминами. Правда, Маркванду удалось уменьшить размеры по сравнению с прототипом (размер основания машины составлял 21 см на 15 см при высоте 32 см). Основой конструкции логической машины Джевонса являлись скользящие рейки, на которых были написаны имена букв, символизирующих термины в посылках. Маркванд пошел другим путем. 16 переключателей, расположенных в четыре ряда в верхней части лицевой панели, соответствуют всем возможным комбинациям значений четырех логических переменных. Горизонтальное положение переключателя означает, что переменная имеет значение 1, а вертикальное – значение 0. В нижней части лицевой панели находятся 10 клавиш, восемь из которых помечены буквами А, В, С, D

(логические переменные) и a, b, c, d (их отрицания). Две клавиши, помеченная цифрой 1 (*клавиша восстановления*), и помеченная цифрой 0 (*клавиша уничтожения*) предназначались для начальной установки машины. При нажатии клавиши 1 все переключатели принимают горизонтальное положение, а при нажатии клавиши 0 – вертикальное. Это происходит благодаря движению внутри корпуса машины специальной металлической рамы со штифтами, зацепляющими и поворачивающими переключатели.

При каждом нажатии клавиши, помеченной именем переменной, проволочные тяги поворачивают две определенные рейки вокруг оси в горизонтальном или в вертикальном направлении. Штифты на этих рейках расцепляются с замком запора переключателей и те, освободившись, занимают вертикальное положение. После отпущения клавиши пружины возвращают рейки в исходное положение, при этом зацепления штифта с запором переключателя не происходит, и те остаются в вертикальном положении. Как и в машине Джевонса, при вводе исходного булевского выражения происходит его упрощение, результат которого виден оператору.

Маркванду удалось сократить количество клавиш с 21 до 10, и даже по одной этой причине его машина была предпочтительнее машины Джевонса (в одной из своих работ Пирс отметил, что машина Маркванда гораздо эффективнее, но все-таки указал на ограниченность обеих машин, предназначенных для решения лишь одной, вполне конкретной задачи, и ни для чего более).

Завершив вторую механическую логическую машину (сегодня она находится в университетском Музее истории искусств), Маркванд больше не пытался усовершенствовать ее конструкцию. Однако обсуждение проблемы с Пирсом продолжалось; так, в одном из писем Пирс советует: “Мне кажется, что лучше всего положиться на электричество” и приводит две простые схемы с тремя ключами (в одной они соединены последовательно, а во второй параллельно). Пирс пишет, что по первой цепи ток проходит, только если все три ключа замыкают ее, а по второй – если цепь замыкает хотя бы один ключ, и обращает внимание на сходство с операциями логического умножения и сложения соответственно. Около 1885 г. Маркванд составил проект электромеханической логической машины – первый в истории. Ее чертеж (единственный сохранившийся в архиве Маркванда) был опубликован только в 1953 г. Судя по всему, Маркванд не пытался воплотить свой проект в жизнь. Недостаток данных позволяет по-разному интерпретировать схему, но в любом случае этот проект занимает исключительное место в истории не только логических машин, но и вычислительной техники в целом. Можно только догадываться, какими путями пошло бы развитие вычислительных машин, воплотил Маркванд свой проект в жизнь, и получил его машина ту известность, на которую она, несомненно, могла претендовать.

9. Логические машины П. Д. Хрущова и А. Н. Щукарева.

В ряду последователей Джевонса необходимо упомянуть русского ученого Павла Дмитриевича Хрущова (1849-1909). Кроме физической химии, он много занимался проблемами логики, и предположительно около 1900 г. построил свой вариант логической машины Джевонса. Как и ее прототип, она представляла собой высокий ящик с клавиатурой, на которой набирались посылки, и табло, в прорезях которого оставались допустимые комбинации терминов. После смерти Хрущова эта машина перешла в руки его коллеги, профессора Харьковского университета Александра Николаевича Щукарева (1864-1936). Щукарев восстановил машину и использовал ее в своих публичных выступлениях. Известно, что эти демонстрации проходили в Москве, Харькове, на юге России и пользовались большим успехом.

В дальнейшем Щукарев несколько модифицировал конструкцию логической машины – уменьшил размеры (всего 25×25 см при высоте 40 см), заменил деревянные детали на металлические и т.д. Но самое главное – снабдил ее своеобразным “световым экраном”, на котором результаты вывода представлялись не в символическом виде, а в понятной аудитории словесной форме. Световой экран состоял из нескольких рядов электрических лампочек, часть которых загоралась, составляя предварительно заготовленные фразы. Публичные выступления и работу над машиной Щукарев продолжал и после революции, вплоть до конца 1920-х гг., однако столкнулся с резким неприятием идеи механизации мышления со стороны ортодоксальных марксистских философов, оценивших ее как “бесплодную и нелепую затею” и был вынужден прекратить ее. Свою логическую машину Щукарев передал на хранение в родной университет, и ее дальнейшая судьба сегодня неизвестна.

10. Машина логических диаграмм Джона Венна.

Английский математик Джон Венн (John Venn, 1834-1923) был весьма неординарной личностью. Будучи человеком твердых религиозных убеждений, он длительное время был священником, но затем сложил с себя сан, считая, что пастырское служение и серьезные занятия наукой совмещать невозможно. Венна отличало разнообразие интересов: он был заядлым туристом и альпинистом, неплохим ботаником, прекрасным оратором. Логика была его первым серьезным и длительным увлечением. Однако позднее на смену ей пришла история, и Венн издал несколько исторических сочинений (например, книгу с описанием истории своей семьи, которую проследил до начала семнадцатого столетия; сам Венн принадлежал к восьмому поколению, которое получило университетское образование в Кембридже). Важнейшей исторической работой Венна стал колоссальный труд, который содержал биографии около 76000 людей, связанных с Кембриджским университетом в период до 1751 г. (первый том увидел свет в 1922 г.). Второй том, охватывавший период с 1752 по 1900 г., и содержащий сведения еще о 60000 лиц, так и остался в рукописи.

В 1881 г. Венн опубликовал книгу “Символическая логика” (“Symbolic Logic”), – следует сказать, что ее основные идеи он изложил годом ранее в статье под названием “On the diagrammatic and mechanical representation of propositions” (“О представлении суждений в виде диаграмм и с помощью механических средств”). Предложенное им новое средство для наглядного представления понятий теории множеств и математической логики, – так называемые *диаграммы Венна*, стало важным вкладом в развитие математической логики.

Венн крайне негативно отзывался о возможностях логической машины Джевонса, и предложил собственную логическую машину. Венн предпочитал называть ее машиной логических диаграмм (*logical-diagram machine*), поскольку полагал, что ни одно известное устройство не заслуживает столь громкого и обязывающего названия, как логическая машина. В то же время он подчеркивал, что она может выполнять все те функции, которые связывают с использованием логических машин. Как и машина Джевонса, она предназначалась для решения задач с четырьмя логическими переменными.

Каждый из сегментов (рис. 3) представляет собой часть деревянного эллиптического цилиндра, состоящего всего из 16 частей. Они имеют высоту приблизительно 1,5 дюйма – т.е. половину глубины прибора. Перед началом работы все сегменты устанавливаются на одном уровне, заподлицо с верхней плоскостью прибора. В этом положении они удерживаются каждый своей металлической спицей. Для удаления любой части поверхности достаточно потянуть за соответствующую спицу (полностью

они не вытаскиваются) и не удерживаемый ею сегмент упадет вниз. Для подготовки машины к работе надо только перевернуть прибор лицом вниз и вдвинуть внутрь все спицы для фиксации сегментов.

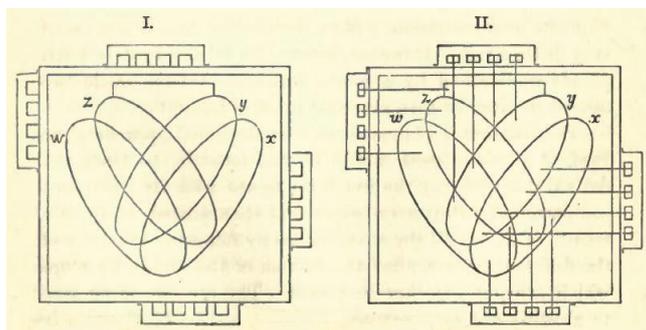


Рис. 3. Машина логических диаграмм Джона Венна.

Как непревзойденное достоинство своей машины Венн особенно подчеркивал ее небольшие размеры (приблизительно 6×6 дюймов при глубине 3 дюйма). Однако легко заметить, что машина Венна, которая фактически является пространственным аналогом его диаграмм, практически ничего не дает с точки зрения скорости работы. В самом деле, чтобы нарисовать соответствующие диаграммы на бумаге и затем закрасивать те или иные ее фрагменты, требуется меньше времени, нежели для начальной установки машины и манипулирования ею. Точно так же на бумаге существенно проще и быстрее можно исправлять возможные ошибки.

Согласно воспоминаниям сына, Венн отличался удивительным умением мастерить различные механизмы. Говорят, что его машина для игры в крокет в 1909 г. несколько раз обыграла лучшего игрока сборной Австралии, посетившей Англию. К сожалению, логическая машина Венна оказалась не слишком удачной и сегодня о ней практически не вспоминают.

11. Патент Чарльза Маколей.

25 ноября 1913 г. проживавший в Америке англичанин Чарльз Маколей (Charles P. R. Maceley – никакие биографические сведения об этом человеке сегодня неизвестны), получил патент № 1079504 на механическую логическую машину (заявка была подана в 1910 г.). Она стала первой логической машиной, на которую был оформлен патент. Машина имеет форму неглубокого прямоугольного ящика с тремя горизонтальными рядами окошек, в которых можно наблюдать комбинации терминов. Основой конструкции являются шестнадцать свободно движущихся реек, на каждой из которых написана одна из комбинаций букв, обозначающих термины суждений или их отрицание – $abcd$, $Abcd$, $aVcd$, ... , $ABCD$. Маколей назвал их *символьными рейками* (*character strips*). В крайнем левом вертикальном ряду имеются восемь кнопок, посредством нажатия которых можно указать, какие из букв символизируют субъект и предикат в суждениях. При их нажатии соответствующие символьные рейки фиксируются в определенном положении. Для управления положением символьных реек также имеются еще несколько горизонтальных управляющих реек.

Маколей подробно, на многочисленных примерах, описал систему действий, с помощью которых можно управлять положением и степенями свободы символьных реек. Если после ввода всех исходных данных наклонить прибор от оператора, то незафиксированные рейки сдвинутся вниз, и в окошках можно будет прочитать полученные утверждения. В окошках верхнего ряда при этом будут видны верные

утверждения, а в окошках нижнего – неверные. Средний же ряд окошек можно использовать для временного хранения верных утверждений.

Гарднер охарактеризовал машину Маколей как самую совершенную из логических машин “джевонсовского типа” – во всяком случае, по сравнению с машинами Джевонса, Маркванда и Хруцова она действительно более проста и компактна. Ее устройство, так, как оно описано в патенте, представляется соответствующим декларациям изобретателя. Сам Маколей в тексте патента указал, что его устройство можно с успехом применять для решения самых разных задач, например, в логике высказываний. Правда, нет никаких свидетельств, что машина она была действительно построена. Кроме того, некоторые детали реализации в патенте опущены, поэтому с уверенностью сказать, можно ли ее вообще воплотить в работающее изделие, довольно-таки трудно.

12. Машина суждений Аннибале Пасторе.

В 1903 г. итальянский логик и философ Аннибале Пасторе (Valentino Annibale Pastore, 1868-1956) при помощи известного физика Антонио Гарбассо (Antonio Garbasso, 1871-1933) построил своеобразную механическую логическую машину (“машина суждений” – *machine sarase di ragionare*), предназначенную для моделирования силлогистического вывода. Основу конструкции составляют три группы колес (каждая содержит по три соосных колеса, одно большое – представляющее весь объем класса, и два малых – “некоторые” члены того же класса), которые соответствуют субъекту, предикату и среднему термину силлогизмов. Колеса связываются замкнутыми ремнями, причем разные способы расположения ремней отвечают различным соотношениям терминов. Так, для представления общеутвердительного суждения “Все А есть В” ремень связывает большое колесо А и малое колесо В таким образом, что при повороте колеса А колесо В будет вращаться в том же направлении. Аналогично для представления частноутвердительного суждения “Некоторые А есть В” ремнем связываются малые колеса А и В. Вращение же колес в противоположных направлениях соответствует отрицательным суждениям. Общеотрицательное “Ни одно А не есть В” и частноотрицательное “Некоторые А не есть В” суждения задаются так: перекрещенный ремень связывает большие колеса А и В, и малое колесо А с большим колесом В соответственно. На рис. 4 показана комбинация ремней, соответствующая силлогизму Camestres:

Все А есть В
Ни один В не есть С
Ни один А не есть С.

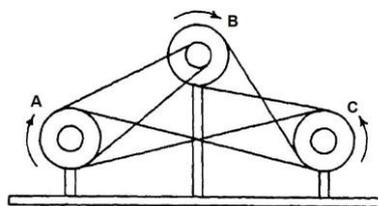


Рис. 4. Машина суждений Аннибале Пасторе.

Если установленный силлогизм верен, то вращение рукоятки, продолжающей ось А, вызовет медленное вращение всех связанных ремнями колес. Если же колеса не вращаются, то это означает, что установлено неправильное решение силлогизма.

Необходимо отметить механическую сложность конструкции логической машины Пасторе. Понятно, что если вращается большое колесо А, то должны вращаться и оба

малых, поскольку они представляют часть того же класса. Однако если вращается малое колесо, то большое должно оставаться неподвижным, так как весь класс не обязательно обладает свойством своей части. Более того, чтобы иметь возможность одновременно представлять суждения “Некоторые А есть В” и “Некоторые А не есть В”, соосные малые колеса должны вращаться в противоположных направлениях. При этом большое колесо А по-прежнему должно сохранять неподвижность, – ибо мы ничего не можем утверждать относительно класса А в целом. Поэтому в машине имеется система дифференциальных передач.

В целом же машина Пасторе может служить скорее иллюстрацией к решениям силлогизмов, чем удобным и надежным инструментом получения вывода из пары посылок.

13. Электрическая логическая машина Бенджамина Бурака.

В 1936 г. преподаватель чикагского колледжа Рузвельта Бенджамин Бурак (Benjamin Burack, р. 1914), психолог по профессии, построил первую электрическую логическую машину. Машина помещалась в небольшом чемодане и работала от батарей или же от сети. Внутри чемодана уложен набор брусков полированного дерева размером приблизительно $13,75 \times 6,25 \times 2$ см каждый. Электрическая часть машины размещалась в крышке чемодана. Общий вес машины составлял около 11 кг.

На верхней плоскости каждого из брусков написана одна из посылок или заключение силлогизма. В набор должны входить четыре бруска с заключениями вида

Все S есть P; Ни одно S не есть P; Некоторые S есть P; Некоторые S не есть P,

а также 8 брусков для всех возможных видов первой посылки, и еще 8 – для всех возможных видов второй посылки. Кроме того, в набор содержит дополнительные бруски для проверки условных и разделительных силлогизмов, а также правильности выполнения обверсии и конверсии. На нижней плоскости каждого бруска расположены несколько металлических контактов. Так, брусок с посылкой “Некоторые M не есть S” имеет три контакта, которые соответствуют следующей информации о посылке:

- средний термин (M) не распределен, т.е. не относится ко всему своему классу;
- суждение является отрицательным;
- суждение является частным.

Для проверки истинности силлогизма следует выбрать два бруска, соответствующих двум посылкам и брусок, соответствующий заключению, и поместить их в три гнезда, предусмотренных в левой части крышки чемодана. Металлические контакты замыкают электрические цепи, и если силлогизм неверен, то загорается одна или несколько лампочек, расположенных в правой половине крышки. Каждая лампочка соответствует определенной ошибке в логическом выводе (рядом с лампочкой имеется табличка с названием ошибки). Так, для категорических силлогизмов таких ошибок насчитывается семь. Еще три лампочки сигнализируют об ошибках в условных силлогизмах, и по одной – об ошибках в разделительных силлогизмах, обверсии и конверсии. Каждой ошибке соответствует отдельная электрическая цепь, так что одновременно могут загораться несколько лампочек.

Описание своей машины Бурак опубликовал только в 1949 г. (статья “An Electrical Logic Machine” в 109 томе журнала “Science”) – к сожалению, большую часть этой короткой статьи занимает описание технологии изготовления контактов на деревянных брусках. Автор отмечает, что в отличие от всех других логических машин, которые выдают заключение из заданных посылок, его машина предназначена для проверки

правильности различных заключений и диагностирования вида ошибки в силлогизмах разных типов. Бурак использовал машину на занятиях, и, по его наблюдениям, она вызывала огромный интерес у студентов.

14. Заключение.

В 1947 г. два студента Гарвардского университета, Уильям Буркхардт (William Burkhardt) и Теодор Калин (Theodor A. Kalin) построили небольшую релейную логическую машину. О предыдущих разработках они не знали, и вдохновлялись не только теорией Шеннона, но и желанием упростить себе жизнь, автоматизировав решение многочисленных задач, задаваемых на занятиях по математической логике. Их машину (стоимость разработки которой составила всего 150 долларов) смело можно признать первой, которую можно было использовать в практических целях.

В заключительной главе своей монографии Мартин Гарднер выражал оптимизм по поводу дальнейшей судьбы логических машин, предполагая, что они могут найти применение в некоторых областях, связанных с анализом больших массивов информации. Однако события развивались по иному сценарию.

Хотя практически одновременно с машиной Буркхардта и Калина, а также на протяжении последующих полутора десятилетий в разных странах, – в Англии, США, СССР и Чехословакии – были построены еще несколько специализированных логических машин, которые, однако, уже не стали, да и не могли стать, объектом внимания широкой научной общественности.

В опубликованной в 1996 г. работе Д. А. Поспелова “Десять “горячих точек” в исследованиях по искусственному интеллекту” говорится, что “Логический подход [к ИИ] в его классической форме требовал для каждой предметной области, для которой применялись методы ИИ, наличия полного перечня исходных положений, которые можно было бы считать аксиомами в этой предметной области. <...> Однако различные приложения, к которым стремился искусственный интеллект, оправдывая свою практическую значимость, в подавляющем большинстве случаев не давали возможностей построения аксиоматических систем. <...> С начала 70-х годов XX-го века старая парадигма, опирающаяся на идею строгого логического вывода, начинает постепенно сменяться новой парадигмой, провозглашающей, что основной операцией при поиске решения должна быть правдоподобная аргументация”.

Пожалуй, эти соображения дают исчерпывающее объяснение причин заката логических машин. А некоторый временной зазор между появлением последних логических машин (1950-е годы) и констатированным Д. А. Поспеловым переходом к новой парадигме объясняется попытками исследователей “выжать” максимум из возможностей, открывшихся перед ними после замещения механических и электрических устройств электронными вычислительными машинами. Именно это время понадобилось, чтобы окончательно удостовериться в том, что дело не в больших или меньших возможностях используемых устройств и машин, а в принципиальной ограниченности старой парадигмы.