

Автоматическая цифровая вычислительная машина (Краткое описание)

Член-корр. АН СССР И. С. Брук
Инженер Б. И. Рамеев
Москва, август 1948 года

ОГЛАВЛЕНИЕ

- I. Введение.
- II. Общее описание АЦВМ.
- III. Описание отдельных элементов АЦВМ.
 - 1. Устройство для приготовления программной ленты и перевода входных данных из десятичной в двоичную систему.
 - 2. Главный программный датчик.
 - 3. Определитель знака, равенства и неравенства двух чисел.
 - 4. Сумматор.
 - 5. Умножитель.
 - 6. Делитель.
 - 7. Накопитель.
 - 8. Интерполятор.
 - 9. Устройство для перевода результатов вычисления из двоичной системы в десятичную и печатания их на бумаге.
- IV. Описание некоторых релейных элементов АЦВМ.
 - 1. Магнитное реле с двумя стабильными состояниями.
 - 2. Магнитный триггер.
 - 3. Магнитное реле, срабатывающее только при одновременном поступлении нескольких управляющих сигналов.
 - 4. Магнитное реле, срабатывающее при поступлении одного управляющего сигнала на любой из нескольких входов.
 - 5. Дешифратор.
- V. Приложение. Таблица основных параметров быстродействующих цифровых вычислительных машин, разработанных и находящихся в разработке в Америке.

¹ Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. — Киев: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. — 384 с. http://it-history.ru/images/1/17/Malinovsky_history.pdf

I. Введение

В последнее время в иностранной печати стали появляться сведения о построенных и находящихся в постройке быстродействующих цифровых вычислительных машинах.

Первая машина, пущенная в Америке во время войны, — работающая на счетно-импульсном принципе посредством электромеханических счетчиков, представляет собой машину общего назначения для решения различных математических задач методом исчисления конечных разностей. («Марк-1». — *Прим. Б. Н. Малиновского*)

Машина — сравнительно медленного действия с весьма ограниченной емкостью «памяти» (всего 60 чисел).

По имеющимся сведениям, эта машина широко использовалась наряду с дифференциальными анализаторами для решения ряда задач, связанных с разработкой пресловутого «Манхеттенского» проекта. Вслед за первой появилась вторая уже чисто электронная машина «ЭНИАК», предназначенная в первую очередь для решения задач внешней баллистики. Машина была построена по заказу артиллерийского ведомства для Эбердинского артиллерийского испытательного полигона.

Мы не останавливаемся на описании устройства этой машины, известном лишь в общих чертах по нескольким беглым обзорам, имеющимся в литературе, и на принципиальных недостатках ее и ее предшественника — Гарвардской машины. Существенно то, что в последнее время построением новых усовершенствованных машин занято несколько организаций в Америке. Строятся новые машины в Гарварде, две машины для «Бюро стандартов» и ряда университетов, институтов и специальных исследовательских центров армии и флота. Приступили к сооружению подобной машины в Англии, проектируется машина и во Франции.

В литературе немало сказано о различных задачах, для решения которых предназначаются эти машины. Составление таблиц функций, астрономические вычисления, обработка статистических данных и даже составление библиографических справочников. Однако не подлежит сомнению, что главным назначением этих машин, на сооружение которых затрачиваются очень большие средства, является решение ряда научно-технических задач, связанных с выполнением программы вооружений и возникающих при разработке объектов современной военной техники.

Так, например, «Бюро стандартов» — организация с функциями, аналогичными Палате мер и весов, организовало у себя большой отдел, в котором разрабатываются проблемы управляемых снарядов. Этим же вопросом занимаются, насколько можно судить только по отдельным отрывочным данным из журналов, несколько фирменных исследовательских лабораторий и специальные исследовательские центры армии и флота.

Одна из машин предназначена главным образом для выполнения вычислений, связанных с прогнозом погоды — задачи, имеющей немаловажное значение во время войны.

Наконец, имеется еще одна область, о которой, разумеется, уже ничего не пишут, но где подобного рода вычислительные устройства или отдельные узлы этих устройств могут играть очень большую роль. Это вопросы криптографии, имеющей исключительное значение в области разведки².

Подробное перечисление областей применения подобной машины не представляется возможным. Поэтому ограничимся общим указанием современных тенденций в методах научно-исследовательской и конструкторской работы, связанной с созданием новых объектов военной техники. Объекты эти очень дороги. Особенно велики затраты на сооружение первых образцов.

Путь от первоначального замысла до первого образца очень долог. Поэтому крайне важно заменить дорогостоящий эксперимент — расчетом. Всем известно, как труден и практически невыполним этот расчет даже в том случае, когда задача может быть более или менее удовлетворительно сформулирована математически.

Точность результата должна быть высокой, т. к. абсолютная погрешность при тех значениях величин, с которыми приходится иметь дело (например, большие скорости и дальности в управляемых снарядах), должна быть в узких границах.

Такие задачи немисливо решить в сколь либо приемлемый срок, пользуясь услугами вычислительного бюро. Непригодны для этой цели и всякого рода вычислители и модели в силу их «врожденной» неточности. Применение для решения задач быстродействующих цифровых вычислительных машин означает прежде всего огромную экономию времени, материальных средств и труда квалифицированных людей и позволяет обходиться сравнительно небольшим штатом высококвалифицированных специалистов, задачей которых является лишь формулировка задачи и оценка результатов.

Отмеченные выше обстоятельства настоятельно диктуют необходимость скорейшего сооружения и ввода в действие одной или нескольких быстродействующих цифровых вычислительных машин, предназначенных для нужд важнейших научных центров.

Кроме машин общего назначения, представляется крайне целесообразным сооружение специализированных машин, например, для решения баллистических задач, прогноза погоды и др. Наконец, для некоторых совершенно специальных задач необходимо сооружение машин, использующих многие из элементов (счетных, программных), применяемых в цифровых машинах. Это позволило бы методы

² Очевидно, это первое в отечественной практике упоминание о применении ЭВМ в области криптографии, сейчас ставшее одним из самых важных компьютерных приложений. В августе 1948 года Брук еще ничего не мог знать о работе Клода Шеннона «Теория связи в секретных системах» (1945), которая была рассекречена и опубликована только лишь в 1949 году. Можно допустить, что советская разведка теоретически могла иметь представление об этой работе, но предположение, что об этом был еще и поставлен в известность член Академии артиллерийских наук И. С. Брук, работавший в совершенно иной области, представляется слишком невероятным — проще предположить, что он дошел до этой идеи самостоятельно. — *Прим. Ю. В. Ревича.*

решения этих специальных задач существенно усовершенствовать и получать положительные результаты чаще и быстрее, чем удастся теперь.

Автоматическая цифровая вычислительная машина, краткое описание которой приведено ниже, основана на оригинальной схеме.

Схемы вычислительных элементов — сумматора, умножителя, делителя и интерполятора, устройства для перевода числа из десятичной системы в двоичную и обратно, а также ряд релейных схем нигде никем не описаны и предлагаются, насколько нам известно, впервые. Объективное сопоставление с построенными или сооружаемыми за границей машинами (по имеющимся сведениям) показывает, что предлагаемая нами машина обладает принципиально существенными преимуществами (о них сказано ниже в описании). В настоящем проекте дается описание принципиальной схемы машины и составляющих ее элементов и поэтому требуется разработка детального проекта и большой объем экспериментальной работы по важнейшим (типовым) узлам прежде, чем можно будет приступить к изготовлению и сборке машины.

II. Общее описание АЦВМ

АЦВМ является машиной общего назначения.

- 1). Вычисления производятся автоматически. Участие оператора заканчивается на подготовке машины для решения определенной задачи.
- 2). Вычисления осуществляются в электрических релейно-кодовых цепях. Механически движущиеся части имеются лишь в небольшом числе элементов машины — программном датчике, итогопечатающем³ устройстве и некоторых других.
- 3). Процесс вычисления протекает с очень большой скоростью. Машина способна выполнять до 2000 арифметических операций в секунду.
- 4). Машина является «цифровой». Вычисления сводятся к арифметическим действиям. Исходные данные и результаты представляются десятизначными числами (в десятичной системе). Сам вычислительный процесс проводится с числами в двоичном представлении.

В основу проекта АЦВМ были положены следующие требования, которым должна удовлетворять быстродействующая цифровая вычислительная машина:

- 1). Машина должна иметь устройства, выполняющие основные арифметические операции: сложение, вычитание, умножение и деление. В зависимости от общей схемы построения машины может быть на каждую операцию свое устройство или одно устройство для всех операций, так как устройство, выполняющее сложение, может производить вычитание с помощью дополнения числа, а умножение — последовательным сложением, деление — последовательным вычитанием. Применение отдельного устройства для каждой операции значительно увеличивает скорость работы машины и уменьшает необходимую емкость «памяти».

³ Так в оригинале. — Прим. Ю. В. Ревича.

2). Для обеспечения автоматичности и большой скорости работы машина должна иметь устройство для накопления («запоминания») как промежуточных, так и окончательных результатов вычисления. Накопитель должен принимать и передавать числа со скоростью не меньшей, чем скорость выполнения арифметических операций, продолжительность которых в электронных вычислительных машинах может быть порядка десятка микросекунд.

Накопитель должен также иметь достаточную емкость, так как от нее зависит диапазон решаемых задач. Рациональным составлением шин решения задач, а также применением отдельных устройств для выполнения арифметических операций можно сократить необходимую емкость накопителя, но и в этом случае для решения некоторых задач емкость должна быть значительной (например, на несколько сот тысяч чисел для решения алгебраических уравнений с несколькими сотнями неизвестных).

3). Должно быть устройство для введения в машину чисел в виде таблицы. Чтение таблицы и, если нужно, интерполирование может производиться основными узлами машины или с помощью отдельного интерполятора. Применение отдельного интерполятора увеличивает скорость работы машины, упрощает программирование и уменьшает необходимую емкость памяти.

4). Быстродействующая цифровая вычислительная машина должна иметь орган для управления выбором устройств, участвующих в операции, и последовательностью вычислительных операций, в соответствии с планом решения данной задачи. Скорость управления должна быть одного порядка со скоростью выполнения арифметических операций.

Орган управления должен выбирать по ходу вычисления (применяя соответствующий критерий) между двумя или более различными последовательностями действия и проводить операцию в соответствии с результатом выбора.

Для этого должно быть устройство, определяющее знак числа, а также равенство и неравенство двух чисел.

6). Машина должна иметь входное и выходное устройство для ввода числовых данных и для выпуска результатов вычислений.

Входное и выходное устройство должны работать со скоростью органа управления.

7). Наконец, цифровая вычислительная машина должна иметь средство для «переноса» чисел между различными частями машины и для передачи программных сигналов.

АЦВМ состоит из следующих основных элементов:

1). Входного блока, содержащего клавиатуру для записи входных числовых данных и устройство для приготовления программной ленты и автоматического перевода входных данных из десятичной системы в двоичную систему счисления.

2). Главного программного датчика, управляющего работой всей машины. Главный программный датчик, в соответствии с планом решения данной задачи записанном по определенному (двоичному) коду, на программную ленту, выбирает отдельные

узлы машины, участвующие в данной операции, управляет последовательностью и видами вычислительных операций.

3). Определителя знака, равенства и неравенства двух чисел, дающего возможность главному программному датчику выбирать по ходу вычисления между двумя или более различными последовательностями операций и проводить их в зависимости от результата, доставляемого определителем.

4). Двух сумматоров.

5). Умножителя.

6). Делителя.

7). Накопителя «для хранения» числовых данных, промежуточных результатов вычислений и т. д.

8). Интерполятора для автоматического вычисления промежуточных значений функции, заданной таблицей для небольшого числа дискретных значений аргумента.

Интерpolator содержит устройство для автоматического набора таблицы.

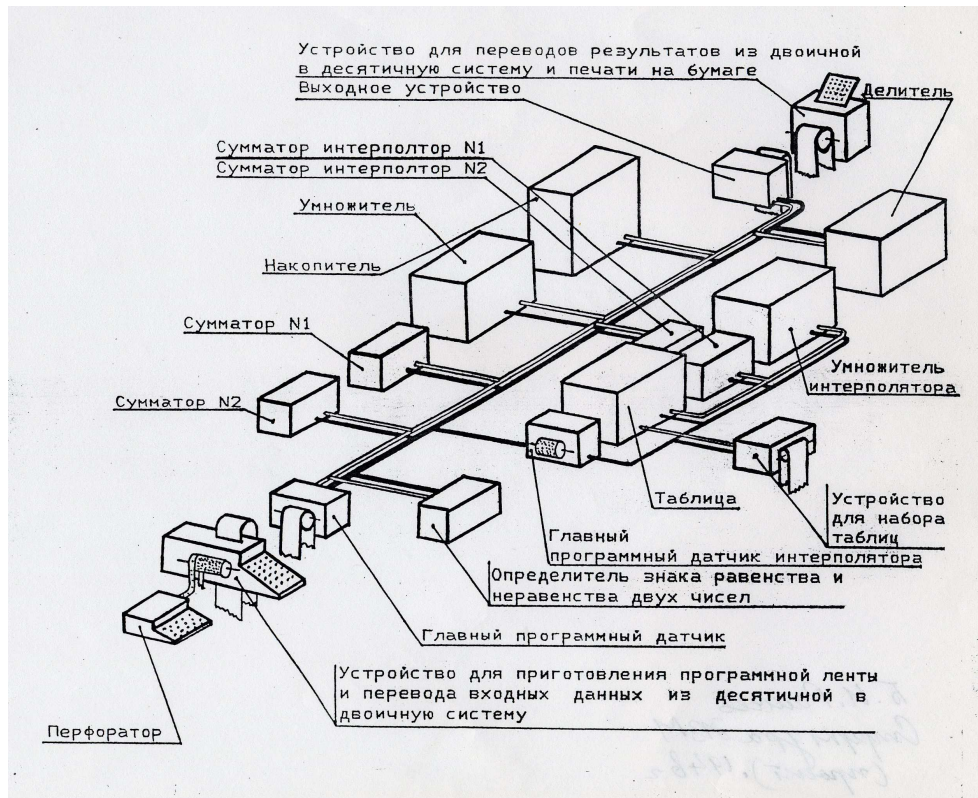


Рис. 1. Автоматическая цифровая вычислительная машина. Блок-схема

9). Выходного устройства для записи результатов вычислений на ленту (в двоичном представлении).

10). Устройства для перевода результатов вычислений из двоичной системы в десятичную и печатания их на бумаге.

11). Цифровых и программных магистралей для связей между элементами машины и передачи программных сигналов.

Блок-схема АЦВМ показана на рис. № 1.

План (программа) решения задачи в виде определенной последовательности действий над числами с помощью входного устройства записывается на программную ленту по логической схеме: «откуда» — «куда» — «что делать». Это соответствует вычислительной схеме при численном (разностном) методе решения задачи.

Для того чтобы машина могла работать по такой схеме, все ее элементы имеют общую структуру входных и выходных цепей, показанную на рис. 2. (Рисунок опущен. — *Прим. авт.*)

Все цифры числа (и знак числа) от одного элемента машины к другому переходят одновременно. Через всю машину проходит одна цифровая магистраль (33 линии для цифр и одна для знака), к которой через «клапанные» устройства подключены цифровые входы и выходы всех элементов машины.

Клапанные устройства управляются главным программным датчиком; выбор их производится с помощью дешифраторов программного сигнала, подключенных к программной магистрали, проходящей также через всю машину. Каждому дешифратору присвоено число, двоичное представление которого является ключом для данного дешифратора. Таким образом, если на программной ленте в полосе «откуда» записан номер (ключ) дешифратора выхода умножителя, а в полосе «куда» — номер дешифратора входа сумматора № 1, то число из умножителя перейдет в сумматор. В полосе программной ленты «что делать» указывается действие, которое должно быть произведено в данном элементе машины (например, принять, передать, «стереть», умножить и т. д.). На программной ленте, кроме номеров дешифраторов и командных сигналов, наносится в каждой строке (для каждого такта) пусковой сигнал, запускающий элементы машины, участвующие в вычислении в данном такте и в тех тактах программы, где это необходимо, в полосе «цифры» записываются входные данные, заранее переведенные в двоичную систему.

Входное устройство, служащее для приготовления программной ленты, является переходным устройством между человеком-оператором и машиной и принципиально может работать только на небольших скоростях. Поэтому оно отделено от быстродействующей машины. Программная лента для решения данной задачи готовится заранее. Для устранения разрыва между производительностью машины и входного устройства можно предусмотреть несколько входных (приготовительных) устройств для одновременной подготовки к решению нескольких задач. Программная лента при использовании в машине практически не изнашивается и поэтому может быть сохранена для повторного использования при решении аналогичной задачи. В этом случае входные данные должны быть

переписаны. При многократном повторении одной и той же последовательности вычислений программная лента может быть склеена в кольцо.

В машине возможен и другой способ введения числовых данных. Числа записываются не на программной ленте, а на специальной «числовой» ленте.

При этом способе числовые данные читаются с небольшого (по емкости) накопителя, который постоянно пополняется с «числовой» ленты при получении сигнала от главного программного датчика. Этот способ применяется и в устройстве для набора таблицы.

Программная лента, приготовленная по указанной выше логической схеме, закладывается в главный программный датчик, который «читает» программную ленту и, в соответствии с записью на ней, выбирает отдельные элементы машины, участвующие в данной операции, управляет последовательностью и видами отдельных операций.

Необходимо отметить, что хотя управление машиной полностью централизовано, главный программный датчик выбирает отдельный элемент машины и дает команду для начала операций. Сама операция проводится автоматически и независимо от главного программного датчика с помощью автономного программного датчика данного элемента. Например, главный программный датчик выбирает умножитель и дает сигнал «умножить». С этого момента местный программный датчик умножителя управляет последовательным сложением частичных произведений столько раз, сколько цифр в множителе, сдвигая частичное произведение каждый раз на один разряд влево. Самостоятельный цикл вычислений отдельных элементов заканчивается к началу следующего такта программы (за исключением интерполятора). Одновременно (в один и тот же такт) может работать только один элемент машины (за исключением интерполятора). АЦВМ работает вынужденными тактами, длительность которых целиком определяется скоростью движения программной ленты. Таким образом, скорость машины легко регулируется от очень малых значений до предельной, определяемой скоростью выполнения арифметических операций и достигающей 2000 тактов в секунду.

В тех случаях, когда необходимо в зависимости от знака или величины модуля промежуточного результата вычисления изменить ход решения задачи, на программной ленте наносятся оба или более ходов решения и в полосе «что делать» отмечается, в каком случае данный ход решения не должен быть использован («если=», «если-», «если+»). В определитель знака равенства и неравенства двух чисел посылается число, с которым сравнивается промежуточный результат, и сам промежуточный результат.

В зависимости от результата, полученного на выходе определителя, будет выбран необходимый ход решения.

В АЦВМ для каждой арифметической операции (кроме вычитания) и для интерполирования применяется отдельное устройство. Это значительно упрощает программирование, увеличивает скорость работы машины и сокращает необходимую емкость накопителя.

В машине применены два сумматора, один из которых может быть использован в качестве накапливающего для суммирования рядов.

Для «запоминания» числовых данных и промежуточных результатов вычислений числа посылаются в накопитель, составленный в виде таблицы. Выбор числа из накопителя производится записью на программной ленте двух ключей, соответствующих номерам дешифраторов строки и столбца, на пересечении которых находится данное число, поэтому занесение числа и получение из накопителя требуют двух тактов.

Как уже упоминалось выше, необходимая емкость накопителя зависит от характера решаемой задачи, плана решения и количества отдельных устройств, выполняющих арифметические операции. Не предвещая сейчас вопрос о емкости накопителя, заметим, что в АЦВМ емкость накопителя может быть небольшой, благодаря применению отдельных устройств для выполнения арифметических действий и интерполятора. Как видим из таблицы № 1⁴, емкость накопителя американских и английских машин, находящихся в разработке, колеблется от 1000 до 5000 чисел. Необходимо отметить, что даже сравнительная большая емкость накопителя может оказаться недостаточной для решения некоторых задач, например, для решения системы алгебраических уравнений с несколькими сотнями неизвестных.

Для таких задач емкость накопителя должна достигать нескольких сот тысяч чисел. Если задаться целью вычислять с максимальной скоростью машины, то такая емкость едва ли осуществима из-за чрезвычайного усложнения и удорожания конструкции машины. Поэтому при решении задач, требующих большой емкости «памяти», следует работать на меньшей скорости и применять «ленточный» накопитель, емкость которого может быть весьма велика. Принцип действия «ленточного» накопителя заключается в следующем: промежуточные результаты вычислений записываются на ленту точно так же, как результаты вычислений в выходном устройстве, в том порядке, в каком они получаются, затем поступают в машину как во втором, описанном выше, способе введения числовых данных — в накопитель, который постоянно «заполняется» с этой ленты числами, снимаемыми в том порядке, в каком они участвуют в дальнейших вычислениях.

Весьма важным для цифровой вычислительной машины является возможность введения числовых данных в виде таблиц. Для этого должно быть устройство для чтения таблиц и, если нужно, интерполирования. В АЦВМ таблица может быть составлена двояко:

а) функция представляется в виде ряда

$$f(a + h) = C_0 + C_1h + C_2h^2 + C_3h^3 + \dots$$

б) в таблицу заносится аргумент и соответствующие значения коэффициентов. $C_0, C_1, C_2, C_3 \dots C_n$

в) в таблицу заносится аргумент и необходимое число табличных разностей. В задачах с монотонно изменяющимся аргументом таблица может автоматически, по мере необходимости, обновляться с помощью устройства для набора таблицы.

⁴ См. таблицу 1 см. в конце текста.

Чтение таблицы и интерполирование в АЦВМ производится отдельным интерполятором, представляющим собой упрощенную цифровую вычислительную машину с фиксированным программированием, работающую так же, как основная машина.

Для данной интерполяционной формулы программа не меняется и наносится не на ленту, а на барабан, непрерывно вращающийся с большой скоростью.

В цепи пускового сигнала главного программного датчика интерполятора имеется клапанное устройство, управляемое главным программным датчиком машины. Если после передачи аргумента в таблицу открыть цепь пускового сигнала главного программного датчика интерполятора, то начнется цикл вычислений по интерполяционной формуле, нанесенной на барабане. После одного оборота барабана вычисления закончатся, результат получится во втором (накапливающем) сумматоре интерполятора, выход которого включен в цифровую магистраль машины. Для разных интерполяционных формул должны быть разные программные барабаны, которые могут заменяться перед пуском машины. Предусматривается возможность одновременного применения нескольких программных барабанов, выбор которых (интерполяционной формулы) производится главным программным датчиком. В интерполяторе могут быть несколько таблиц для различных функций, набираемых с помощью устройства для набора таблицы.

Кроме таблиц, набираемых извне, может быть таблица, которая набирается машиной по ходу вычислений. Чтение этой таблицы производится тем же самым интерполятором. Предусматривается интерполирование до 5-го порядка. Однако, при удвоении таблицы в ширину (присоединением такой же таблицы с нанесенными на ней следующими табличными разностями), порядок интерполирования может быть повышен. Длительность интерполирования зависит от применяемой интерполяционной формулы и может быть порядка нескольких десятков тактов машины. Так как интерполятор работает автономно, то он может проводить вычисления параллельно с другими операциями, выполняемыми машиной, и поэтому не замедляет процесс вычислений. Интерполятор может быть использован также для вычисления некоторых часто используемых функций, представленных в виде ряда.

Результаты вычислений записываются (в двоичной системе) на ленту в выходном устройстве.

Лента, на которой записывается результат вычислений, движется со скоростью программной ленты и поэтому запись результата не вызывает замедления работы машины.

Результат, записанный на ленту в двоичной системе, переводится в десятичную и отпечатывается на бумаге. Устройство, предназначенное для этого, не связано с машиной и работает с относительно небольшой скоростью; к выходному устройству относится все сказанное выше о входном устройстве.

Общая электрическая схема АЦВМ показана на рис. 3. (Схема опущена — *Прим. Б. Н. Малиновского*) Для упрощения схемы в цепочках счетчиков и клапанных устройств показаны только крайние, а среднее заменены точками.

В интерполяторе показан только один программный барабан и одна таблица. Подробное описание схемы отдельных узлов дается ниже.

Общая схема АЦВМ достаточно сложна, однако она составлена из нескольких типовых простых схем: бинарных счетчиков, работающих по принципу «включено-выключено», клапанных устройств, триггеров и т. д. Больше всего в схеме «клапанных устройств». Если клапанные устройства составлять из электронных ламп, то общее число электронных ламп в машине существенно увеличивается. «Клапанные» лампы составляют 70% от общего количества ламп.

Учитывая это обстоятельство, мы предусмотрели возможность замены электронных ламп в клапанных схемах более простыми элементами. Возможность такой замены следует из таблицы № 1, где показано соответствие между различными релейными элементами. Из этой таблицы видно, что клапанные схемы могут быть реализованы не только с помощью многоэлектродных ламп, но также с помощью магнитных и выпрямительных схем. Хотя постоянная времени магнитных схем значительно больше, чем у электронных, тем не менее, при использовании повышенной частоты и, если учесть, что скорость программирования не может быть очень большой, магнитные схемы могут быть применены в целом ряде мест. Не предпринимая сейчас места применения тех или иных схем (магнитных или выпрямительных) в качестве клапанных устройств, мы предполагаем, что большая часть клапанных устройств может быть выполнена по таким схемам. Не останавливаясь на преимуществах и недостатках релейных элементов, [...] заметим, что замена электронных ламп в клапанных устройствах значительно упрощает конструкцию, увеличивает надежность и долговечность, улучшает эксплуатационные качества машины.

Особенно перспективным для клапанных схем является применение кристаллических диодов (выпрямителей). К сожалению, производство этих элементов у нас пока не налажено. Однако можно не сомневаться, что это производство будет освоено, т. к. кристаллические диоды находят широкое применение для других целей в важнейших областях современной радиотехники и прежде всего в радиолокации.

Миниатюрные размеры кристаллических диодов, их пригодность для очень высоких частот, отсутствие накаливаемого катода, с которым связаны ограниченный срок службы и большой расход энергии, выделяющейся в виде тепла, позволит осуществить в высшей степени компактные и дешевые вычислительные блоки, годные не только для стационарных, но и для передвижных устройств. Последнее крайне важно для военных применений.

Общее количество электронных ламп в чисто электронном варианте машины 3500, а при замене клапанных устройств на магнитные реле и схемы из выпрямителей элементов, число электронных ламп 1000.

(Оставшиеся разделы отчета не публикуются. — Прим. Б. Н. Малиновского.)

Таблица 1.

**Основные параметры быстродействующих цифровых вычислительных машин,
разработанных и находящихся в разработке в США, Англии и Франции на 1948 г.
(составлена Б. И. Рамеевым)**

1	2	3	4	5	6
№ п/п	Машина	Автор	Место разработки	Система счисления	Число знаков (в десятичной системе)
1	АСКК	Айкен	Гарвардский университет и фирма IBM (США)	Десятичная	23 или 46
2	ЭНИАК	Моучли, Экерт	Пенсильванский университет		10
3		Гамильтон	Фирма IBM (США)	?	14 (19)
4	ЭДВАК	Моучли, Экерт	Пенсильванский университет	(США)	
5	УНИВАК	Куртис, Диамад, Моучли, Экерт	Национальное бюро стандартов (США)	10 (?)	
6		?	Массачусетский технологический институт (США)		12
7	Релейная (малая) модель V	Стиблиц, Виллиаме	Лаборатория "Белл телефон" (США)		5
8		Айкен	Гарвардский университет (США)		10
9	АКИ	Дарвин, Уоммерслей, Хартри, Тюринг	Департамент научных и промышленных изысканий (Англия)		10
10		Национальный Центр научных исследований (Франция)		10	

1	7	8	9	10
№ п/п	Назначение	Конструкция и принцип действия	Управление	Входное и выходное устройства
1	Общего назначения	Электромеханическая, счетно-импульсный	Автоматическое централизованное с помощью бумажной ленты	Обычная перфорационная аппаратура
2	Решение задач внешней баллистики	То же (f=100 кГц)	Ручная установка операций. Автоматическое управление последовательных операций	То же
3	Общего назначения	Электронная релейная, счетно-импульсный	Автоматическое с помощью бумажной ленты	То же
4	То же	Электронная, счетно-импульсный (f = 1 мГц)	Автоматическое централизованное с помощью магнитной ленты	Предварительная запись на магнитную или фотоленту
5	“	Электронная, счетно-импульсный	Автоматическое централизованное с помощью ленты	Предварительная запись на ленту
6	“	Электронная релейная	Автоматическое централизованное с помощью магнитной ленты	?
7	?	То же	С помощью перфоленты для телеграфных аппаратов	Обычная старт- стопная телеграфная аппаратура
8	7	Электромагнитная (?)	То же	То же
9	Общего назначения	Электронная релейная	Автоматическое с помощью перфокарт	Обычная перфорационная аппаратура
10	То же	То же	Автоматическое с помощью фотопленки	Предварительная запись на фотоленту

1	10		11		12	13	14
№ п/п	Накопитель («память»)		Скорость выполнения арифметичес ких действий, мкс		Число ламп, шт.	Состояние разработк и	Примечание
	тип	емко сть в числ ах	слож е ние	умно жени е			
1	Механический счетчик	60	3x105	6x106		Закончена в 1944 г.	
2	Электронно- ламповая кольцевая читающая схема	20	200	2800	18900	Закончена в 1945 г.	
3	Бумажная лента, электро- ламповые реле, электронно- ламповая читающая схема	40000	280	50000	12500 ламп	21400 реле	Закончена в 1948 г.
4	Ртутная линия	1000	?	1000	3000	В разработке	Национальное бюро стандартов разрабатывает две таких машины
5	То же	5000	100	2000	?	“	
6	Электро- лучевая трубка	1200	?	?	1000		
7	?	“	“	“		Закончена в 1944– 1945 гг.	Лаборатория «Белл телефон» построила две таких машины
8	?	100	?	?	-	В разработке,	
9	?	2000	“	200	?	То же	
10	Электронная и фотолента	?	?	50	?		