

В. В. Шилов

ВВЕДЕНИЕ В ПРОГРАММНУЮ ИНЖЕНЕРИЮ

Рождение программирования

Москва, 2018 год

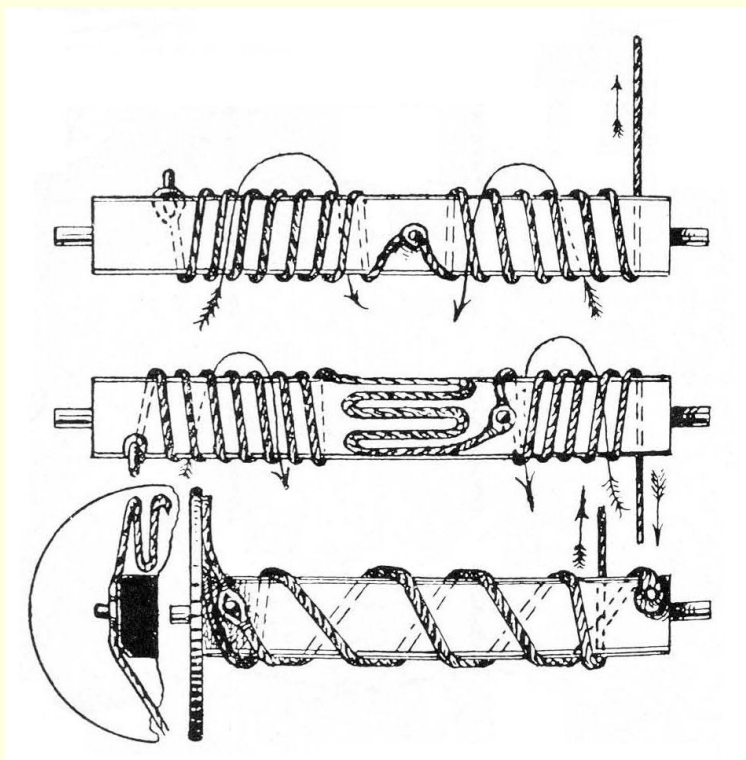
Слово “Программа”

1633 г. В Англии впервые отмечено использование слова *program*. Оно происходило от греческих слов **προ** (до) и **γραφεῖν** (писать) и означало официальное публичное объявление властей (т.е. объявление устное, сделанное “до печати”).

Словарь В. И. Даля (1863-66 гг.). Програма (с одним м): “Краткий очерк, начертанье, перечень, изложение, содержание сочинения, предположенного изданья, книги, журнала, преподаванья чего-либо; план празднества, торжества, зрелища, представленья; задача, пояснительная записка на заданную по выбору работу”.

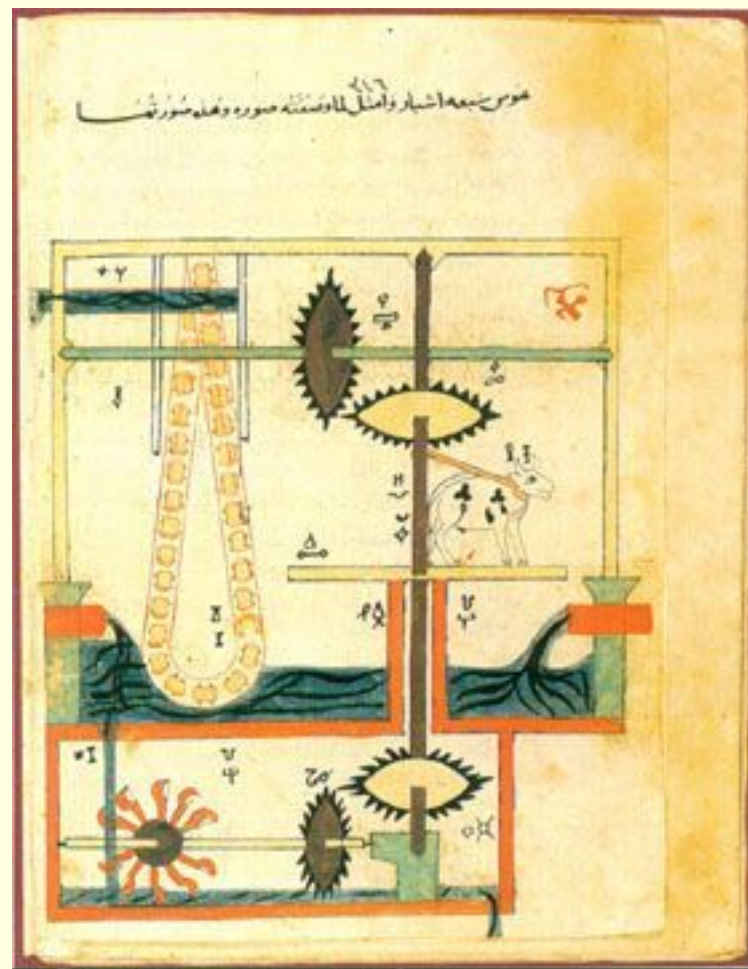
Советский Энциклопедический словарь (1955 г.). Программа – “содержание и план какой-либо деятельности (программа концерта, учебная программа, программа политической партии)”. Например, Программа КПСС.
О вычислительных машинах речи еще нет.

Автоматы – античность

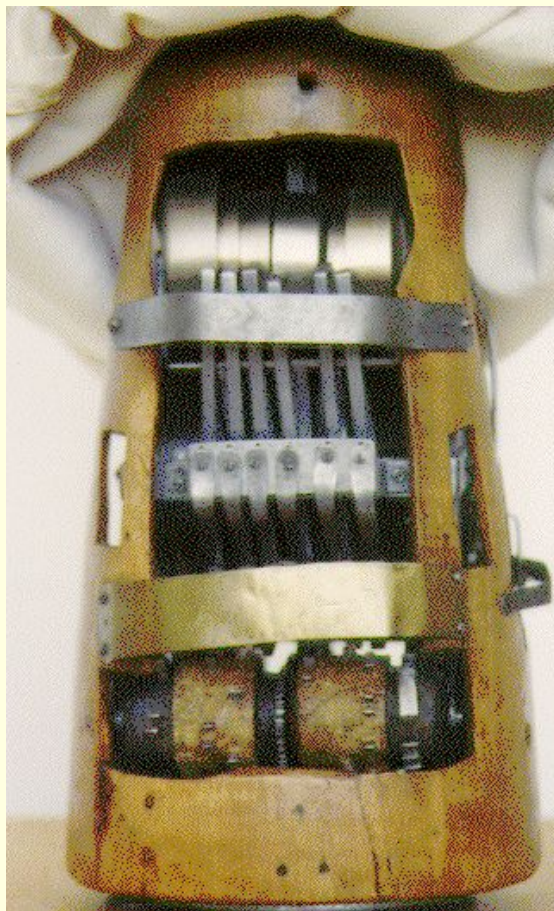


Ок. 100 г. Герон Александрийский
по прозвищу Механик, автор сочинения
“Автоматы”.

1206 г. Аль-Джазири.

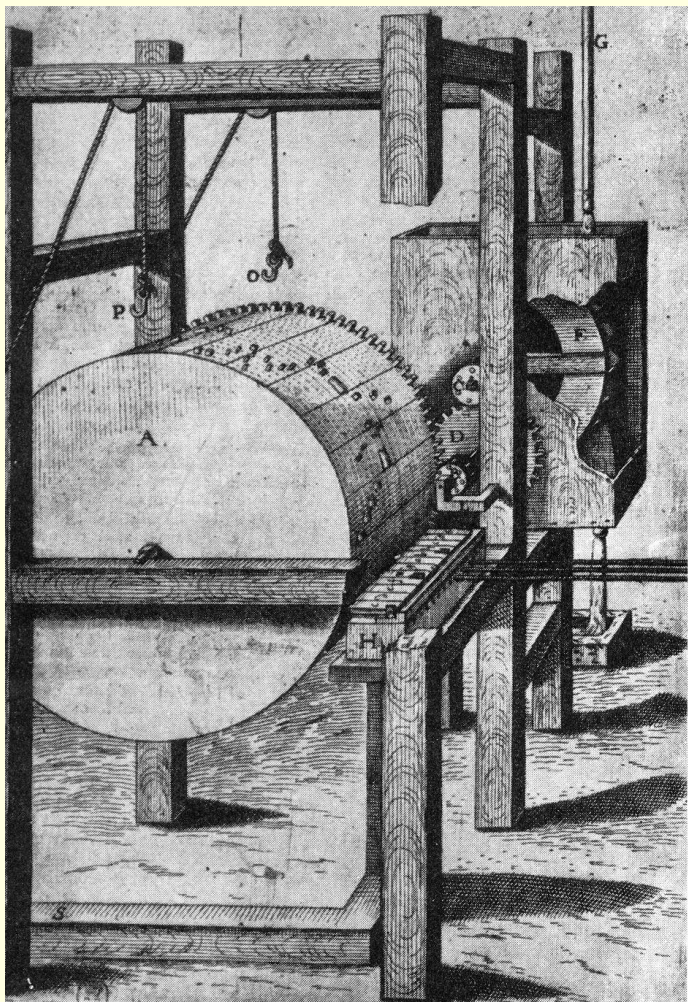


Автоматы – средневековые



Автоматы Джанелло Торриано (Gianello Torriano, ок. 1515-1585).

Автоматы – средневековые



Ок. 1600 г. Кулачковый барабан – основной элемент системы управления “гидравлическим органом”.

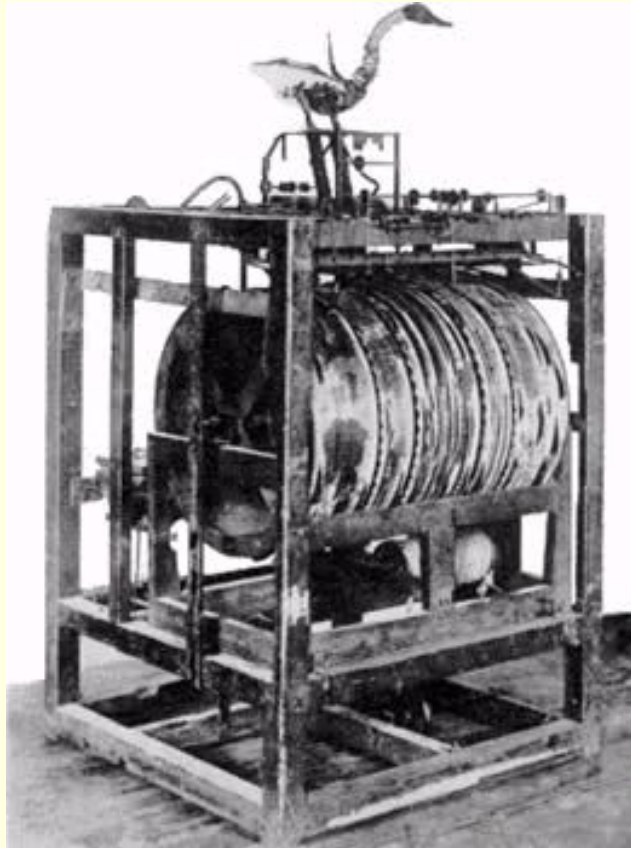
Автоматы – новое время



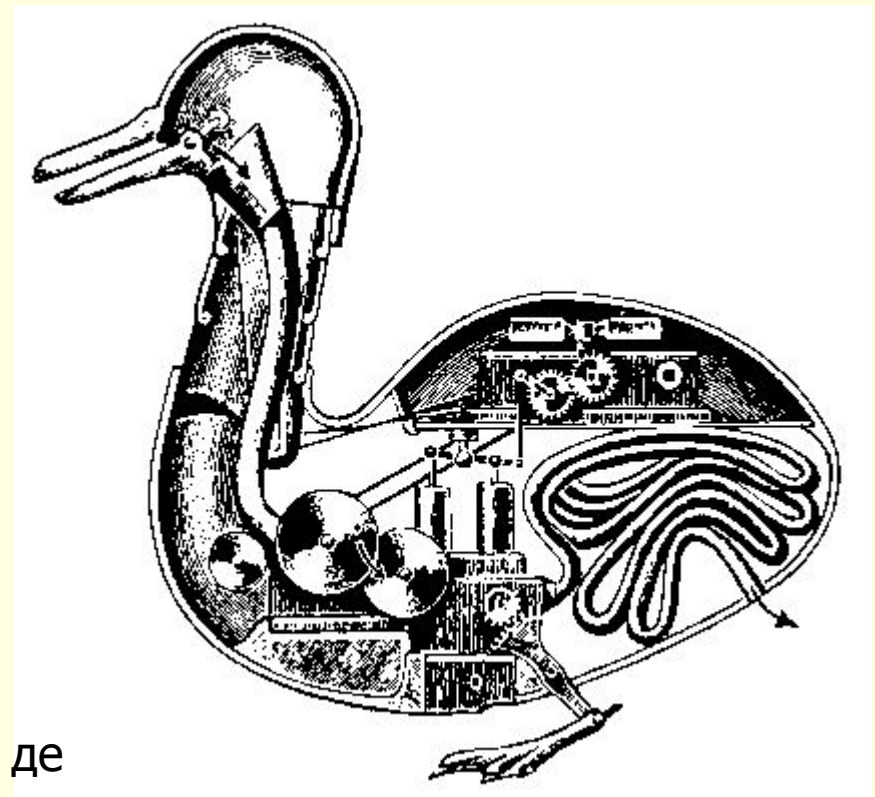
1736 г. Автоматы Жака де Вокансона (Jacques de Vaucanson, 1709-1782).



Автоматы – новое время



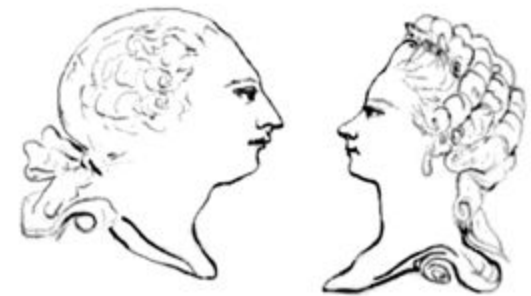
Утка – самый знаменитый автомат Жака де Вокансона.



Автоматы – новое время



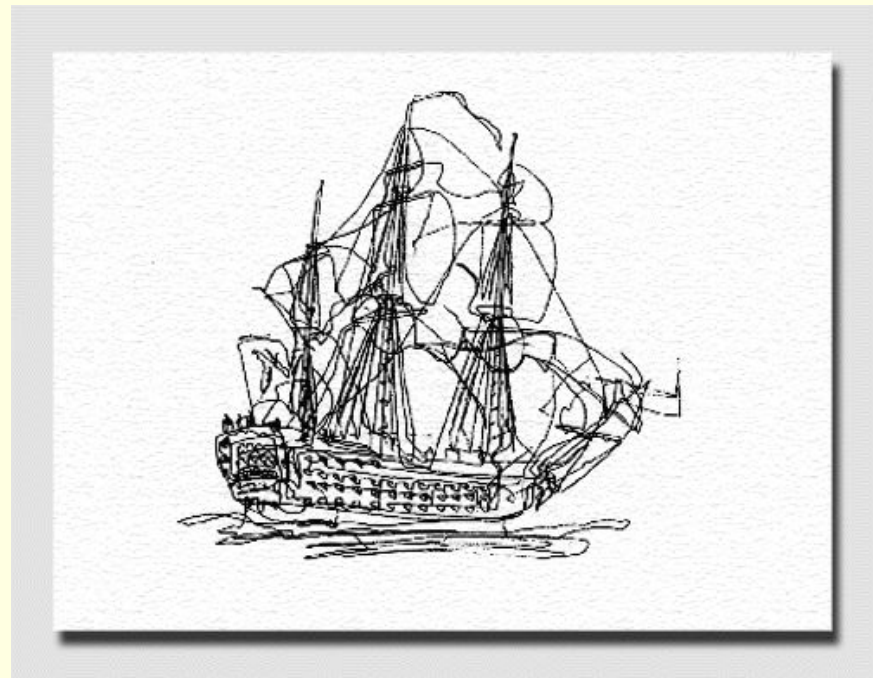
Пьер Жак-Дро
(Pierre Jaquet-Droz,
1721-1790).



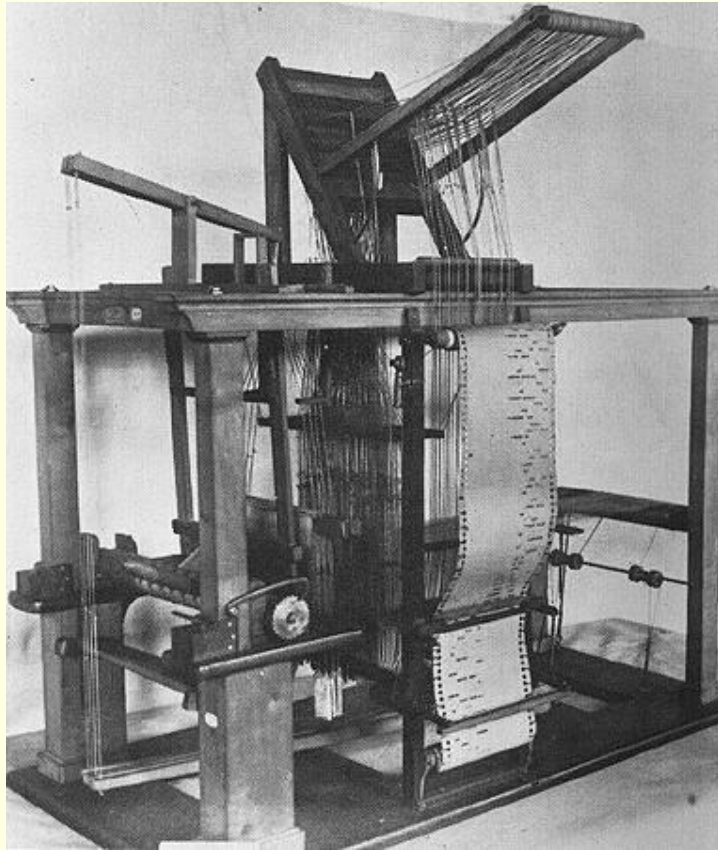
Автоматы — новое время



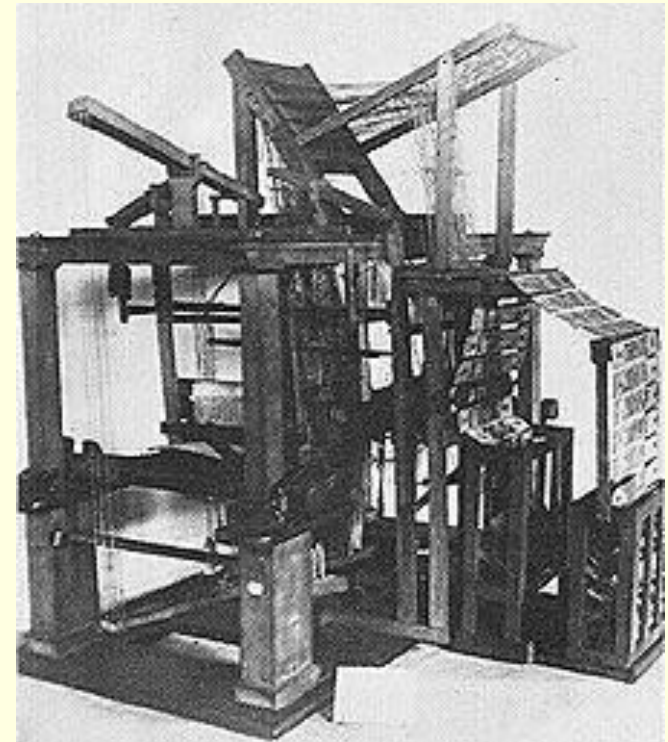
Ок. 1810 г. Автомат
Анри Майарде
(Henri Maillardet, 1745-?).



Полуавтоматические ткацкие станки



1725 г. Полуавтоматический ткацкий станок Базиля Бушона (Basile Bouchon) с использованием **перфоленты**.



1728 г. Жан-Филипп Фалькон (Jean-Philippe Falcon, ?-1765), ткацкий станок с использованием набора **перфокарт**.

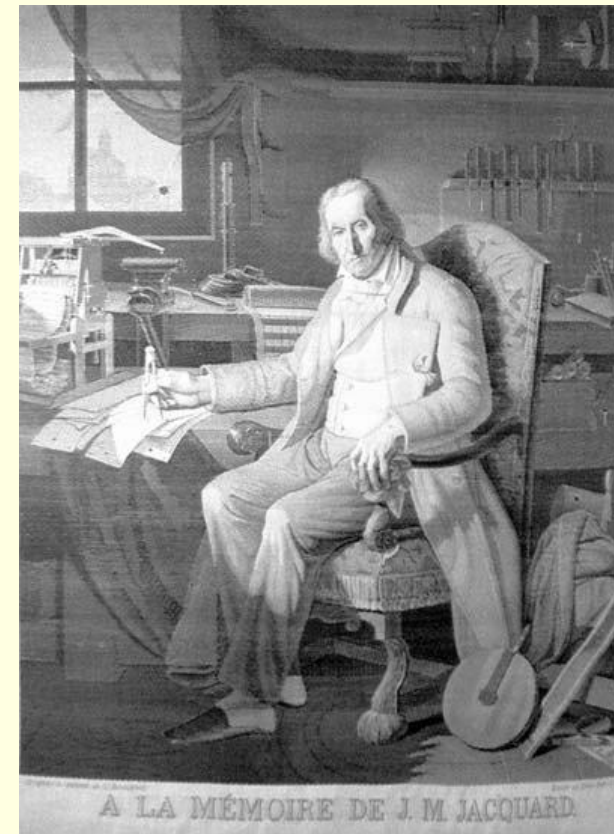
Ткацкий станок Вокансона



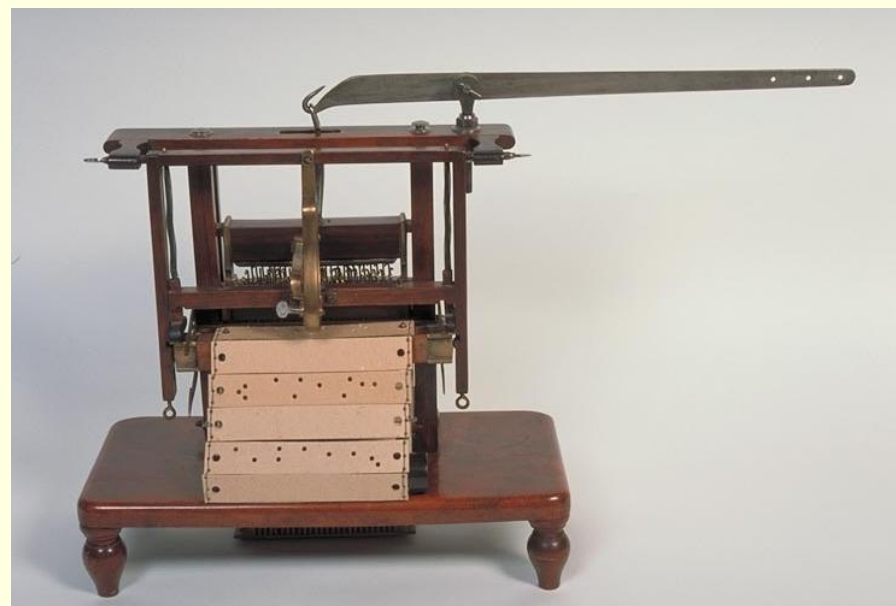
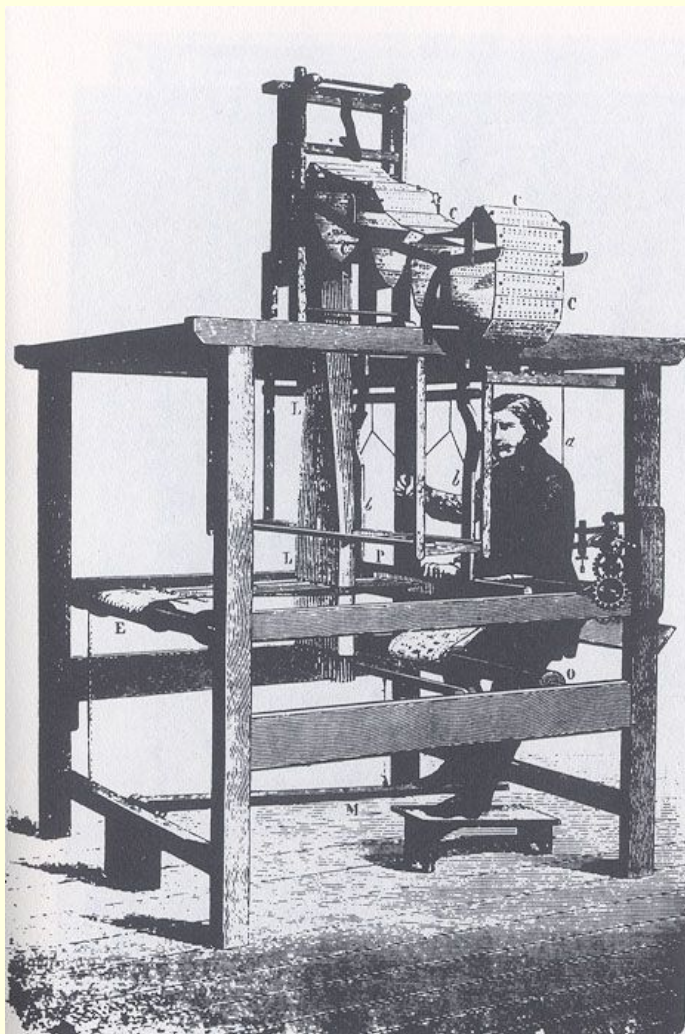
1746 г. Автоматический ткацкий станок Ж. де Вокансона на основе кулачкового цилиндра.

Ткацкий станок Жаккара

1801 г. Жозеф-Мари Жаккар (Joseph-Marie Jacquard, 1752-1834) на национальной промышленной выставке в Париже представил автоматический ткацкий станок, для управления которым использовались перфокарты. В его конструкции Жаккар удачно объединил лучшие идеи своих предшественников Бушона, Фалькона и де Вокансона. Работа Жаккара стала очередным шагом к появлению концепции **программирования**: теперь, чтобы изменить рисунок ткани, достаточно было сменить набор перфокарт без переналаживания оборудования. Сегодня историческое значение этого изобретения представляется очевидным, однако станок Жаккара получил на выставке только бронзовую медаль, в то время как его же машина для вязания морских рыболовных сетей была удостоена большой золотой медали.



Ткацкий станок Жаккара



Блез Паскаль

Около 1640 г. Гениальный французский мыслитель Блез Паскаль (Blaise Pascal, 1623-1662) – математик, физик, философ и писатель, разработал принципы конструкции *арифметической машины*.

1641 г. Первая (неработоспособная) модель.

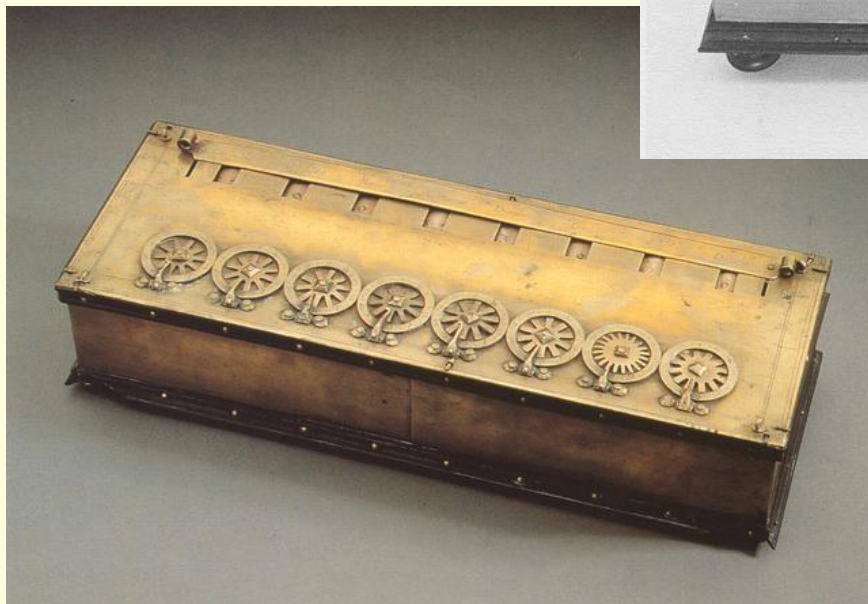
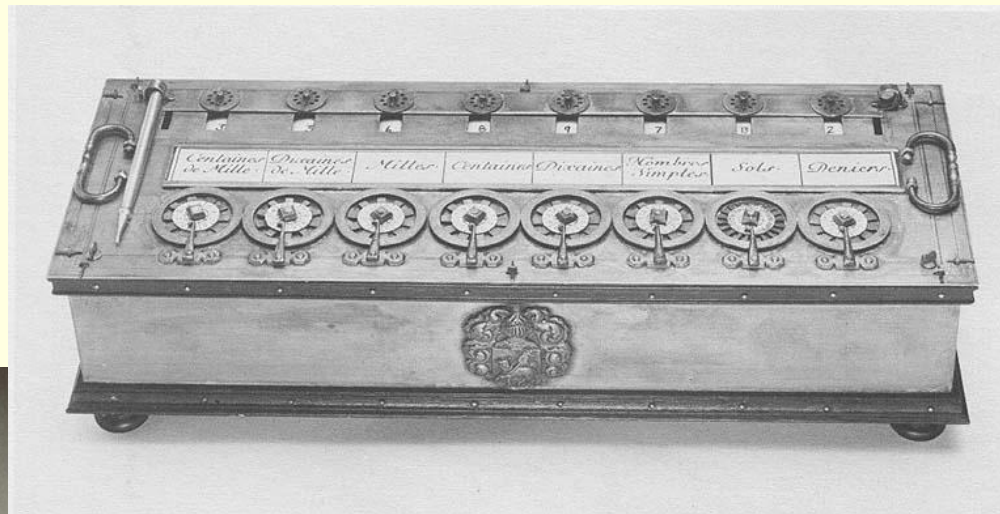
1642 г. Работающая модель.

1645 г. Первая готовая машина.

1649 г. (22 мая). Королевская привилегия – первый в истории патент на счетную машину.

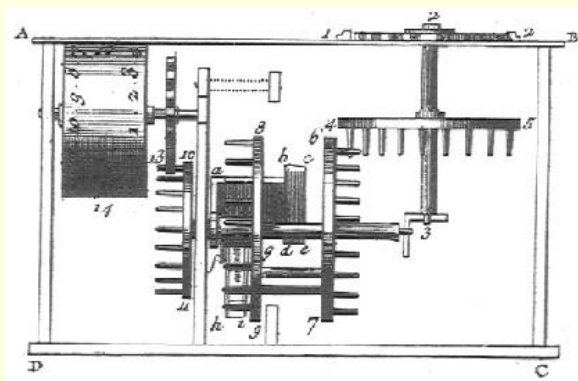
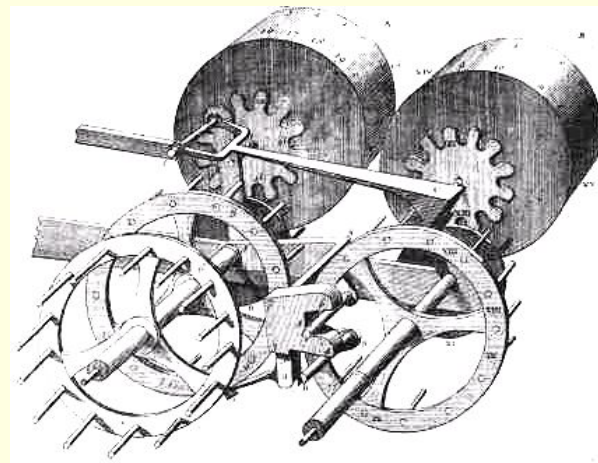
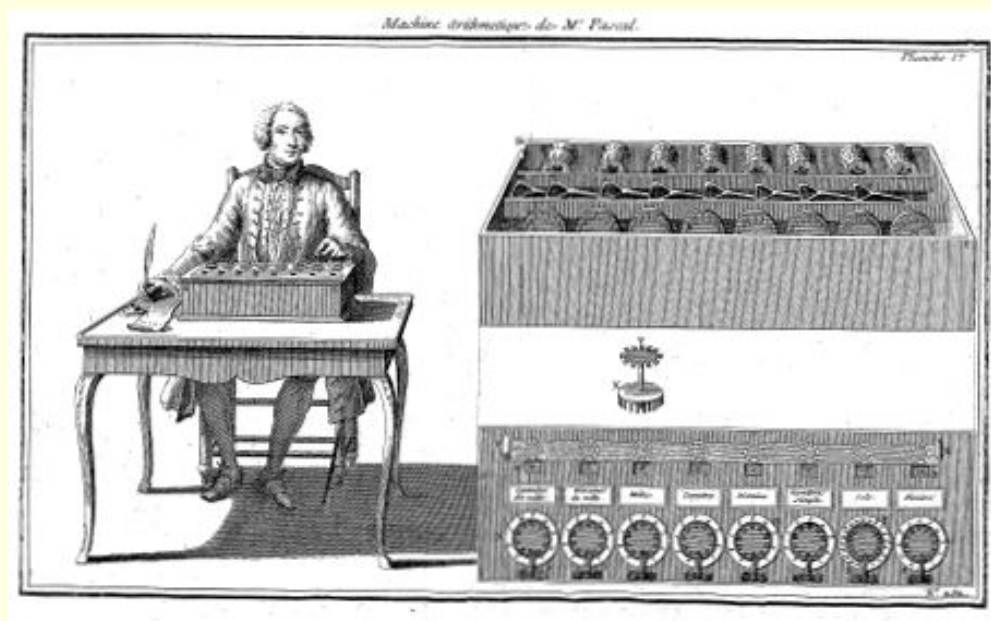


Счетная машина Паскаля

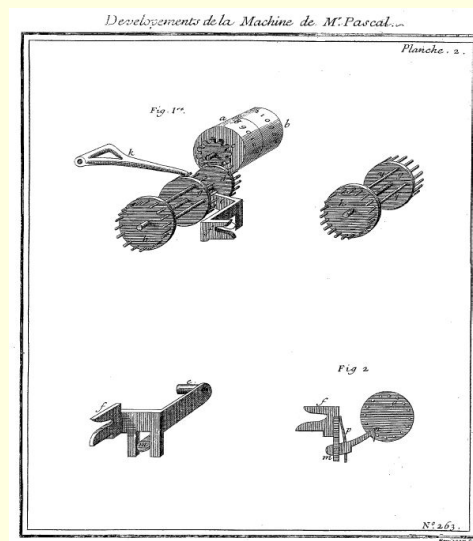


“Паскалина”

Счетная машина Паскаля

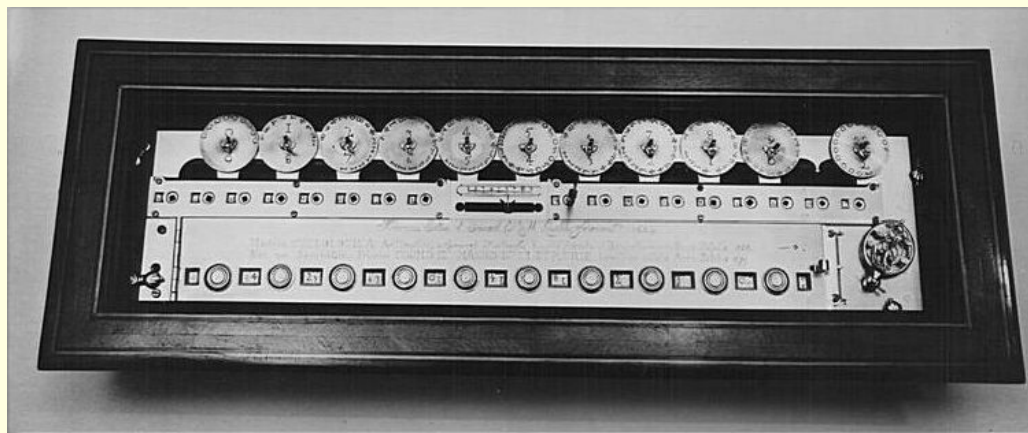


Рисунки и чертежи
XVIII в.



Другие счетные машины XVII-XVIII вв.

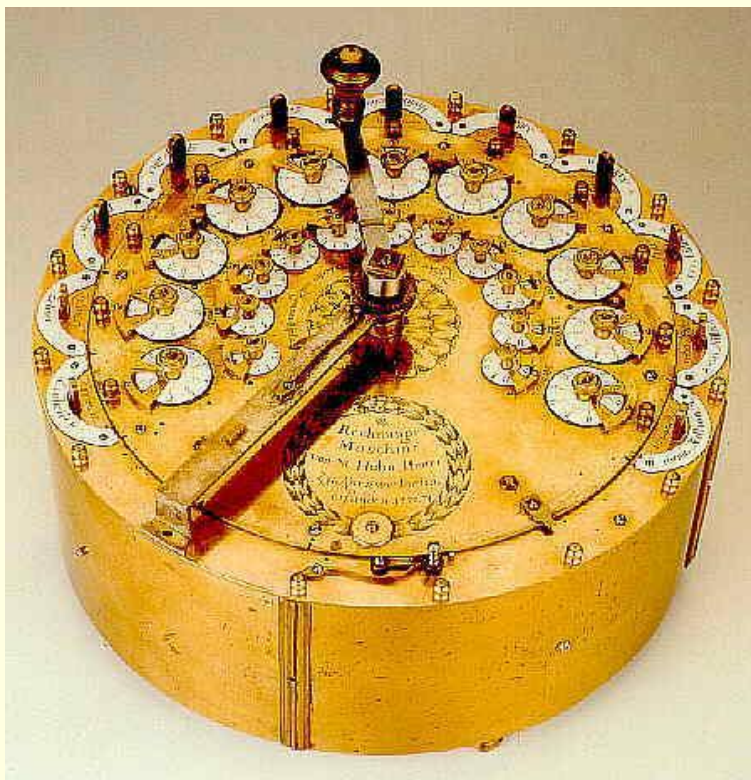
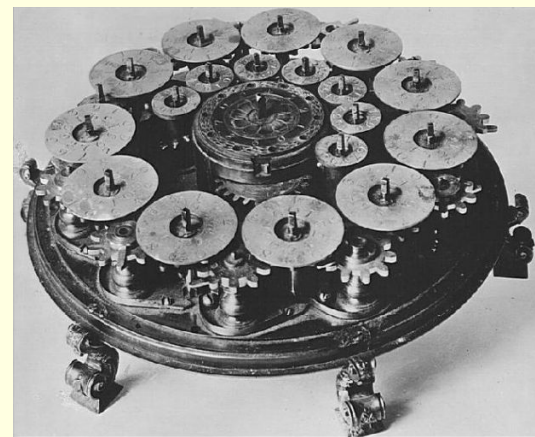
1666 г. *Новый
множительный инструмент*
сэра Сэмюэла Морленда
(Sir Samuel Morland,
1625-1695).



1708 г. 16-разрядный
арифмометр Готфрида
Вильгельма Лейбница
(Gottfried Wilhelm von
Leibniz, 1646-1716).

Другие счетные машины XVII-XVIII вв.

1727 г. Круглый арифмометр Антона Брауна (Anton Braun, 1686-1728), механика и оптика при дворе императора Карла VI в Вене.



1778 г. 14-разрядный арифмометр священника из Германии Филиппа Маттеуса Гана (Philipp Matthäus Hahn, 1739-1790).

Другие счетные машины XVII-XVIII вв.

1790 г. Суммирующая машина Якоба Ауха (Jacob Auch, 1765-1842).



1814-1817 гг. Счетная машина Авраама Штерна (Abraham Jacob Stern, 1769-1842) из Варшавы.

Идея Иоганна Мюллера

1786 г. Во Франкфурте увидела свет брошюра Филиппа Клипштейна (Philipp Engel Klipstein, 1747-1808) "Beschreibung seiner neu erfindenen Rechenmaschine" ("Описание вновь изобретенной счетной машины"), в которой рассказывалось о проекте **разностной машины** Иоганна Мюллера (Johann Helfrich Müller, 1746-1830). Эта специализированная вычислительная машина предназначалась для вычисления значений функции, заданной полиномом некоторой степени, с помощью **метода конечных разностей**.

Идея разностной машины появилась у изобретателя еще раньше: уже в 1784 г. он писал о машине, вычисляющей и печатающей арифметическую прогрессию. Мюллер рассчитывал построить разностную машину, взяв за основу конструкции свой арифмометр. Судя по его письмам, он также хотел оснастить машину печатающим устройством. Однако денег на постройку Мюллеру найти не удалось, и его проект, как и сама идея, был надолго забыт.

Математика

Функция $F(x) = 2x + 3$

x	1	2	3	4	5	6	7
$F(x)$	5	7	9	11	13	?	?
$D1$		2	2	2	?	?	?

Функция $F(x) = x^2 + 2x + 3$

x	1	2	3	4	5	6	7
$F(x)$	6	11	18	27	38	51	66
$D1$		5	7	9	11	?	?
$D2$			2	2	?		

Таким образом, если функция $F(x)$ задана полиномом n -й степени, то ее n -е разности постоянны.

Математика

Функция $F(x) = x^2 + x^3$

x	x^2	x^3	$F(x)$	D1	D2	D3
0	0	0	0			
1	1	1	2	2		
2	4	8	12	10	8	
3	9	27	36	24	14	6
4	16	64	80	44	20	6
5			150	70	26	6
6			252	102	32	6
7			392	140	38	6
8			?			

Проект Гаспара Прони

1791 (или 1793) г. Инженер и математик Г. Прони по заданию правительства Франции возглавил работу по вычислению новых математических таблиц.

Организация работ основывалась на идеях великого английского экономиста Адама Смита (Adam Smith, 1723-1790), показавшего решающее значение специализации и разделения труда на его эффективность.

По разным оценкам в проекте Прони участвовали от 60-80 до 200 человек, разбитых на три *секции*.



Гаспар Прони (Gaspard Clair François Marie Riche de Prony, 1755-1839).

Проект Гаспара Прони

Первая секция.

Несколько крупных математиков, которые вырабатывали формулы для вычислений и проверки их результатов, подбирали начальные значения чисел и углов, а также задавали требуемую точность расчетов (количество десятичных знаков результата) для каждой таблицы и т.д. Сотрудниками первой секции были Адриен-Мари Лежандр (Adrien-Marie Legendre, 1752-1833), Лазар Карно (Lazare Carnot, 1753-1823) и другие выдающиеся французские ученые.

Вторая секция (вычислители).

Несколько высококвалифицированных математиков. Они определяли значения величин и разности, использовавшиеся в расчетах, а также вырабатывали формат таблиц, рассчитывали значения первой строки и составляли пошаговые инструкции для дальнейших вычислений на данной странице.

Проект Гаспара Прони

Третья секция.

Здесь проводились вычисления. От сотрудников третьей секции требовалось только умение складывать и вычитать. Их нанимали из числа безработных, и по этой причине среди них было особенно много квалифицированных парикмахеров, оставшихся после революции без своих аристократических клиентов.

По окончании расчетов очередной страницы ее возвращали во вторую секцию для проверки результатов по формулам, предложенным математиками из первой секции.

Кроме того, каждая страница вычислялась дважды с использованием разных формул, что позволяло еще более повысить достоверность результатов.

Проект Гаспара Прони

1801 г. Колоссальная работа по расчету математических таблиц завершилась.

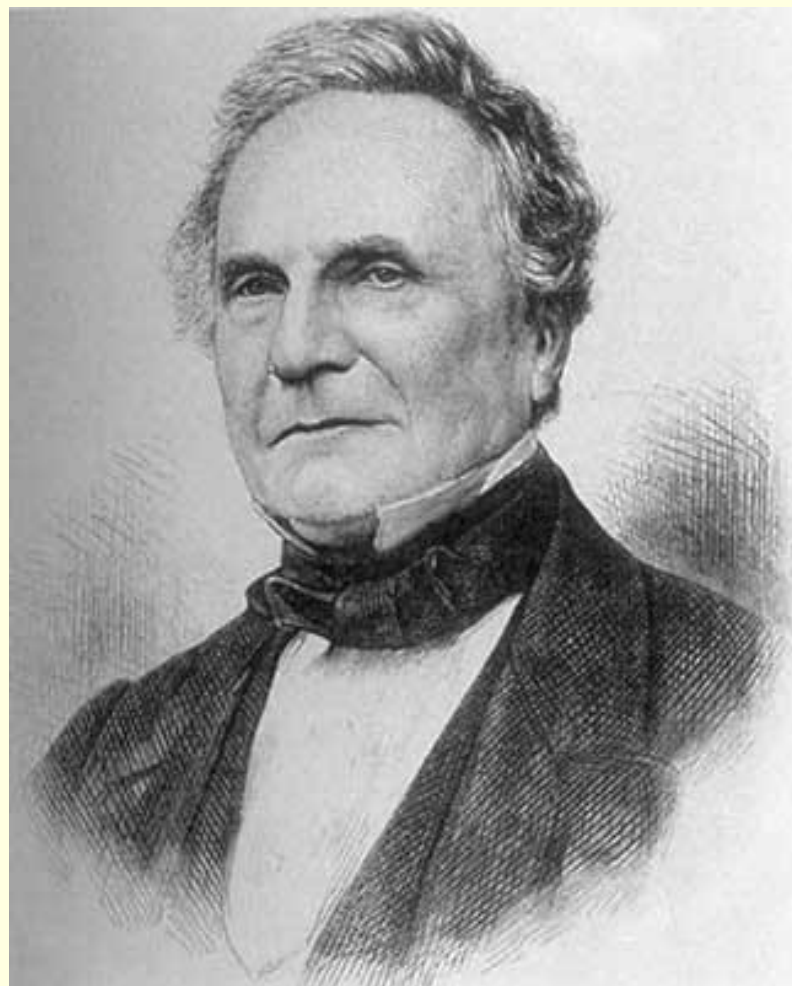
Ее результат – 19 томов большого формата, объемом 251 страница по 100 строк каждый. Среди них: таблицы логарифмов чисел от 1 до 200000, вычисленных с точностью 14 десятичных знаков, тригонометрических функций, произведений синусов на косинусы и др.

В силу различных экономических и политических причин таблицы были опубликованы только в 1891 г., причем в значительно сокращенном виде, а имя Прони даже не было указано на обложке и не упоминалось в предисловии...

Чарльз Бэббидж

Автоматы Майарде, таблицы Прони и ткацкий станок Жаккара – отправные точки в размышлениях Бэббиджа.

Чарльз Бэббидж
(Charles Babbage, 1791-1871).



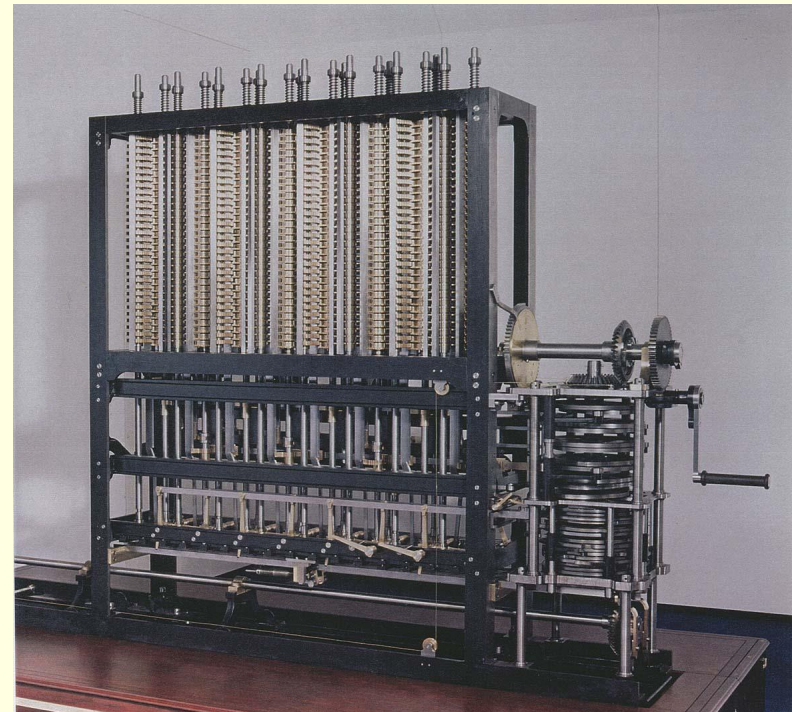
Разностная машина Ч. Бэббиджа

1822 г. Проект разностной машины, вычисляющей функции с постоянными вторыми разностями с точностью 6 знаков.

1830 г. Новый проект – табулирование функций с постоянными шестыми разностями, точность 20 знаков.

1842 г. Правительство Англии окончательно отказывается финансировать дальнейшую разработку.

Общая стоимость работ составила около 34000 фунтов стерлингов.



Первая в истории попытка создать вычислительное устройство, автоматически выполняющее вычисления.

Аналитическая машина Бэббиджа

1834 г. Бэббидж сформулировал основные идеи новой машины, способной выполнять вычисления по любой заданной математической формуле.

1834-1848 гг. Бэббидж выполнил 30 комплектов чертежей Аналитической машины.

Основная проблема – как использовать результаты счета в последующих вычислениях $\Rightarrow$ возникновение концепции **памяти** (в терминологии Бэббиджа – склад).

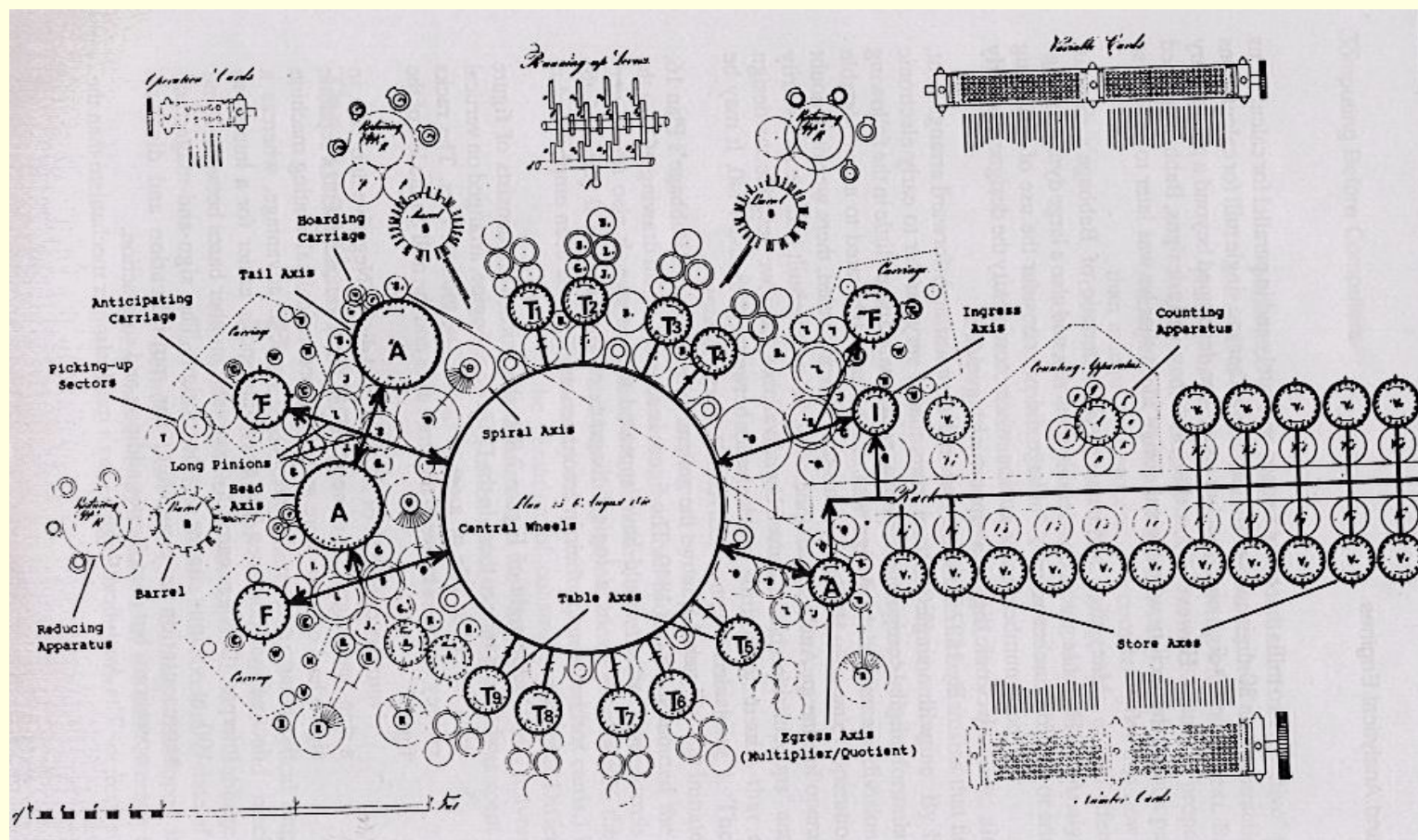
Другие идеи – отдельное устройство для **выполнения арифметических операций** (мельница).

Специальное устройство для управления ходом вычислений.

Использование для записи команд и данных **перфокарт** трех видов – операционных, числовых и перфокарт для хранения значений переменных.

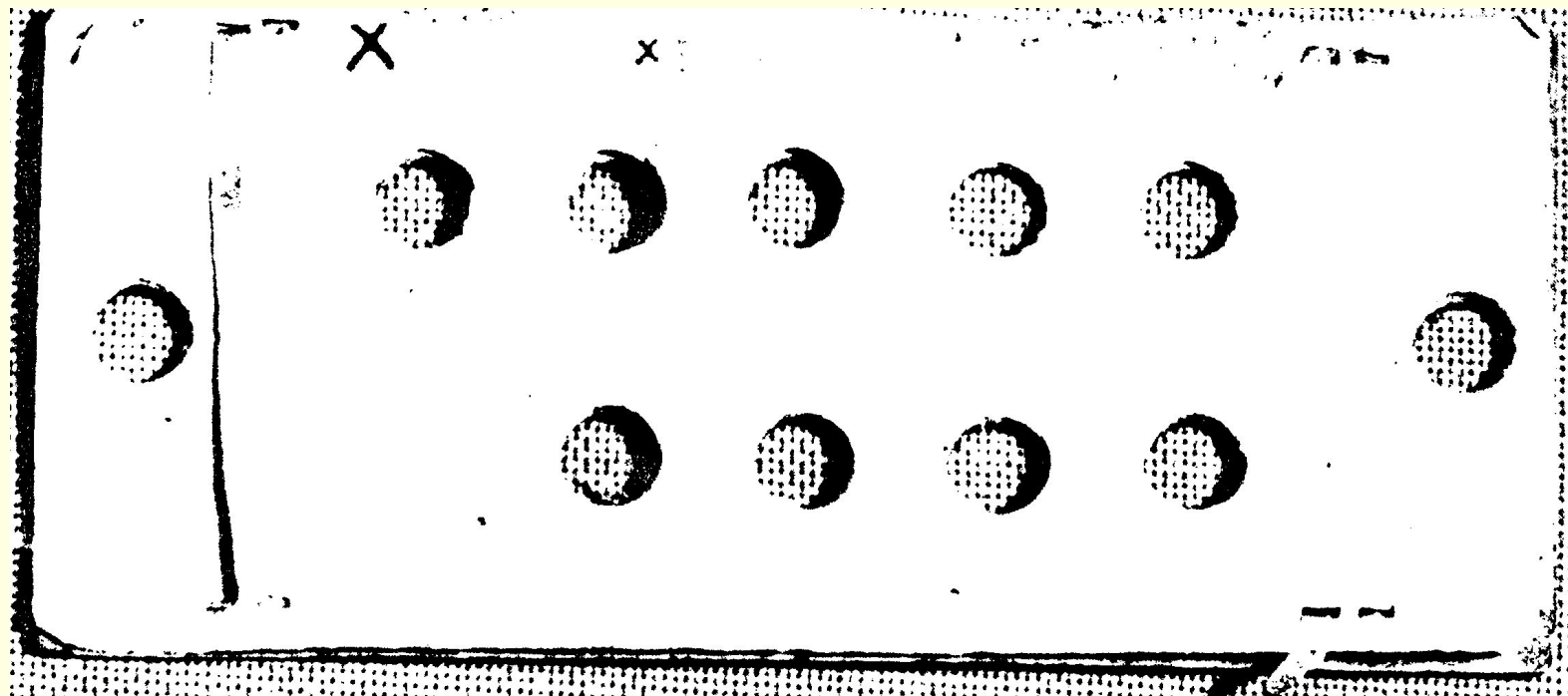
Устройство для печати результатов.

Аналитическая машина Бэббиджа



Чертеж № 16, 1840 год.

Аналитическая машина Бэббиджа



Одна из операционных перфокарт Бэббиджа. Команда – умножить содержимое ячейки памяти V6 на содержимое ячейки памяти V2.

Леди Лавлейс



Ада Аугуста, леди Лавлейс
(Ada Augusta, Lady Lovelace, 1815-1852).

*Дочь сердца моего, малютка Ада!
Похожа ль ты на мать? В последний раз,
Когда была мне суждена отрада
Улыбку видеть синих детских глаз,
Я отплывал – то был Надежды час.*

Дж. Г. Байрон
“Паломничество Чайльд-Гарольда”.
1816 г.

Леди Лавлейс – первый программист

1843 г. Леди Лавлейс перевела на английский язык и опубликовала статью Л. Менабреа об Аналитической машине Бэббиджа.

Огромное значение имеют обширные “Примечания переводчика”, которыми сопровождалась статья. Они содержали несколько “**программ**” для аналитической машины Ч. Бэббиджа, и фактически ознаменовали рождение программирования для вычислительных машин.

Первой программой можно считать приведенное в примечании D описание процесса решения системы двух линейных уравнений с двумя неизвестными.

Примечание G содержало еще более сложную программу вычисления чисел Бернулли, включавшую **циклы** и вложенные циклы.



Луиджи Менабреа
(Luigi Federico Menabrea,
1809-1896)

“Программы” леди Лавлейс

Number of Operations Nature of Operations		Variables for Data						Working Variables										Variables for Results	
		1V_0	1V_1	1V_2	1V_3	1V_4	1V_5	0V_6	0V_7	0V_8	0V_9	${}^0V_{10}$	${}^0V_{11}$	${}^0V_{12}$	${}^0V_{13}$	${}^0V_{14}$	${}^0V_{15}$	${}^0V_{16}$	
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		m	n	d	m'	n'	d'										$\frac{dn'-d'n}{mn'-m'n} = x$	$\frac{d'm-dm}{mn'-m'n} = y$	
1	×	m	.....	.....	.....	n'	.....	mn'											
2	×	.....	n	.....	m'$	.....	.....	.....	m'n$										
3	×	.....	.....	d	.....	.....	.....	.....	.....	dn'									
4	×	.....	0	.....	.....	.....	d'$	.....	.....	d'n$									
5	×	0	.....	.....	.....	.....	0	.....	.....	.....	$d'm$								
6	×	.....	.....	0	0	.....	.....	.....	.....	.....	dm'								
7	—	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0	0	.....	.....	$(mn'-m'n)$							
8	—	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0	0	.....	.....	$(dn'-d'n)$						
9	—	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0	0	.....	$(d'm-dm')$					
10	÷	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	$(mn'-m'n)$	0	.....	$\frac{dn'-d'n}{mn'-m'n} = x$			
11	÷	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0	.....	0	.....	$\frac{d'm-dm'}{mn'-m'n} = y$		

“Программы” леди Лавлейс

12		-	${}^1V_{10} - {}^1V_1$	${}^2V_{10} \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{10} = {}^2V_{10} \\ {}^1V_1 = {}^1V_1 \end{array} \right\}$	$= n - 2 (= 2) \dots\dots\dots$
13	{	-	${}^1V_6 - {}^1V_1$	${}^2V_6 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_6 = {}^2V_6 \\ {}^1V_1 = {}^1V_1 \end{array} \right\}$	$= 2n - 1 \dots\dots\dots$
14		+	${}^1V_3 + {}^1V_7$	${}^2V_7 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_3 = {}^1V_3 \\ {}^1V_7 = {}^2V_7 \end{array} \right\}$	$= 2 + 1 = 3 \dots\dots\dots$
15		$\div$	${}^2V_6 \div {}^2V_7$	${}^1V_8 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_6 = {}^2V_6 \\ {}^2V_7 = {}^2V_7 \end{array} \right\}$	$= \frac{2n-1}{3} \dots\dots\dots$
16		$\times$	${}^1V_8 \times {}^2V_{11}$	${}^4V_{11} \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_8 = {}^0V_8 \\ {}^2V_{11} = {}^4V_{11} \end{array} \right\}$	$= \frac{2n}{3} \cdot \frac{2n-1}{8} \dots\dots\dots$
17	{	-	${}^2V_6 - {}^1V_1$	${}^2V_6 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_6 = {}^2V_6 \\ {}^1V_1 = {}^1V_1 \end{array} \right\}$	$= 2n - 2 \dots\dots\dots$
18		+	${}^1V_3 + {}^2V_7$	${}^2V_7 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_7 = {}^2V_7 \\ {}^1V_3 = {}^1V_3 \end{array} \right\}$	$= 3 + 1 = 4 \dots\dots\dots$
19		$\div$	${}^3V_6 \div {}^3V_7$	${}^1V_9 \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^3V_6 = {}^3V_6 \\ {}^3V_7 = {}^3V_7 \end{array} \right\}$	$= \frac{2n-2}{4} \dots\dots\dots$
20		$\times$	${}^1V_8 \times {}^4V_{11}$	${}^5V_{11} \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_8 = {}^0V_8 \\ {}^4V_{11} = {}^5V_{11} \end{array} \right\}$	$= \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{8} \cdot \frac{2n-2}{4} =$
21		$\times$	${}^1V_{12} \times {}^5V_{11}$	${}^6V_{12} \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{12} = {}^1V_{12} \\ {}^5V_{11} = {}^2V_{12} \end{array} \right\}$	$= B_3 \cdot \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{8} \cdot \frac{2n}{4}$

Вычисление чисел Бернулли:

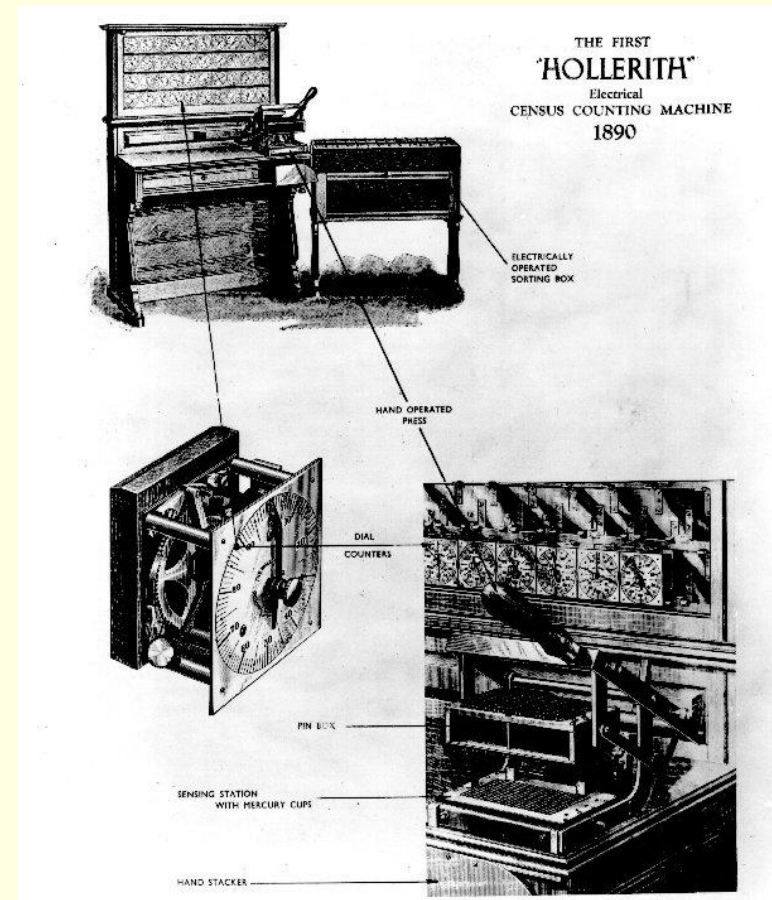
$$B_{2n-1} = 2 \cdot \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots 2n}{(2\pi)^{2n}} \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{2^{2n}} + \frac{1}{3^{2n}} + \dots \right\}$$

Герман Холлерит

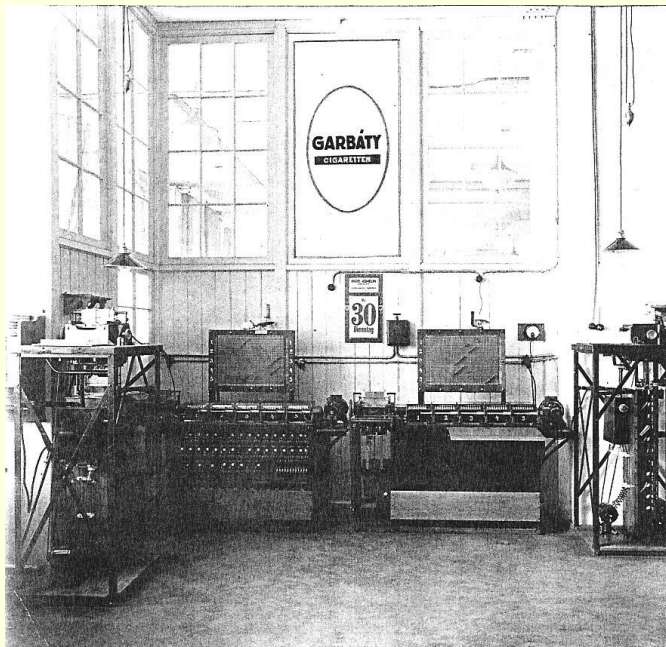


Герман Холлерит (Herman Hollerith, 1860-1929).

Счетно-табуляционные машины,
предназначенные для обработки
статистической информации.



Счетно-табуляционные машины



1911 г.

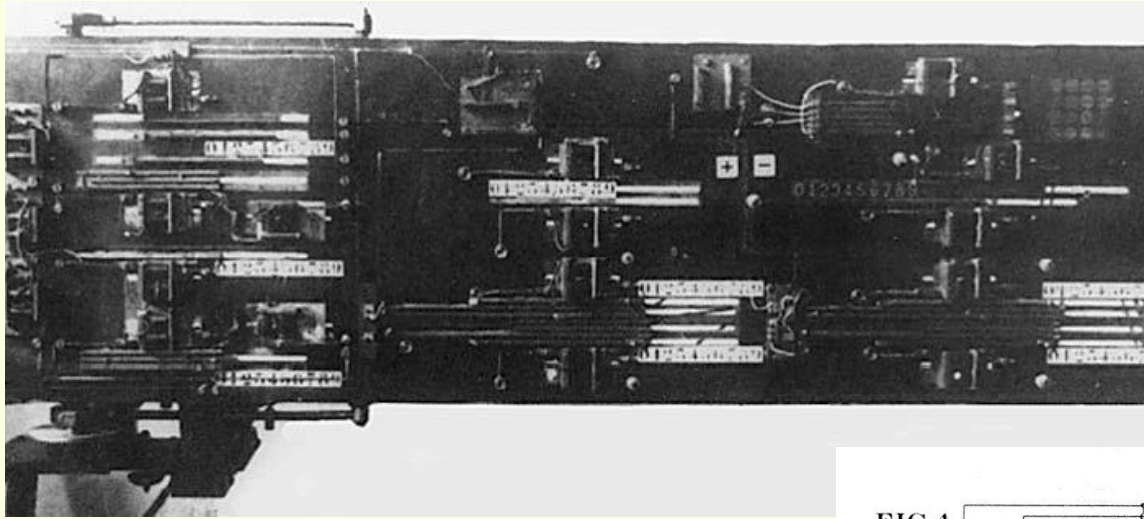
DENOMAG с коммутационной доской, позволяющей перенастраивать машину на выполнение разных последовательностей действий.



1935 г. DENOMAG D11.

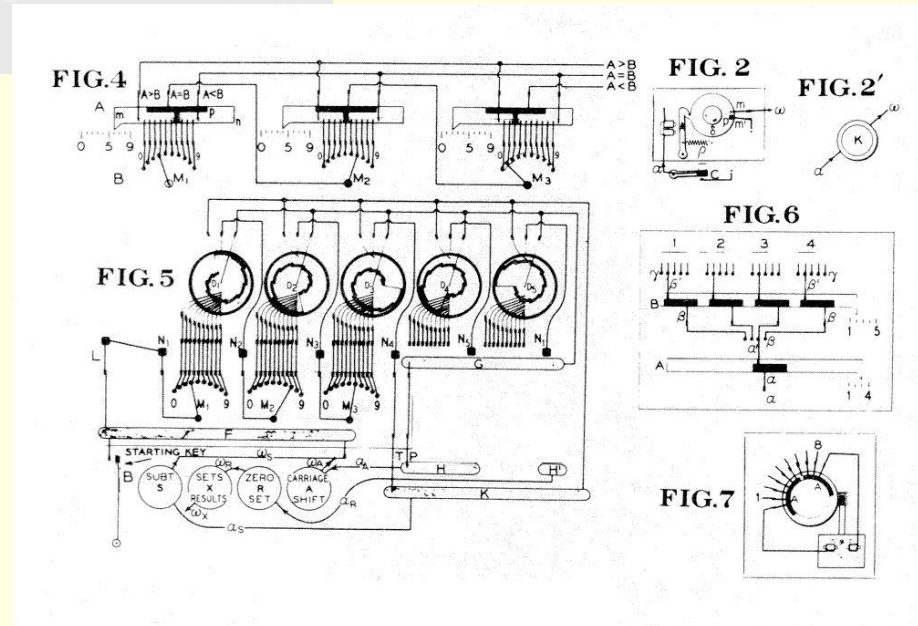
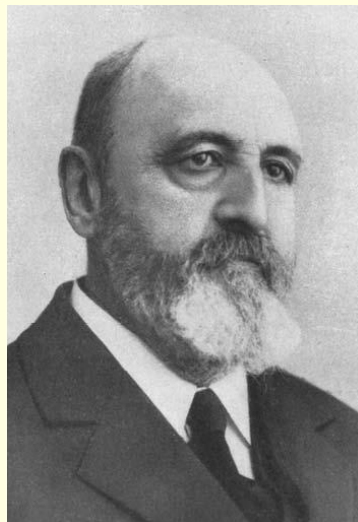
Возможность автоматически выполнять последовательность арифметических действий.

Специализированные машины

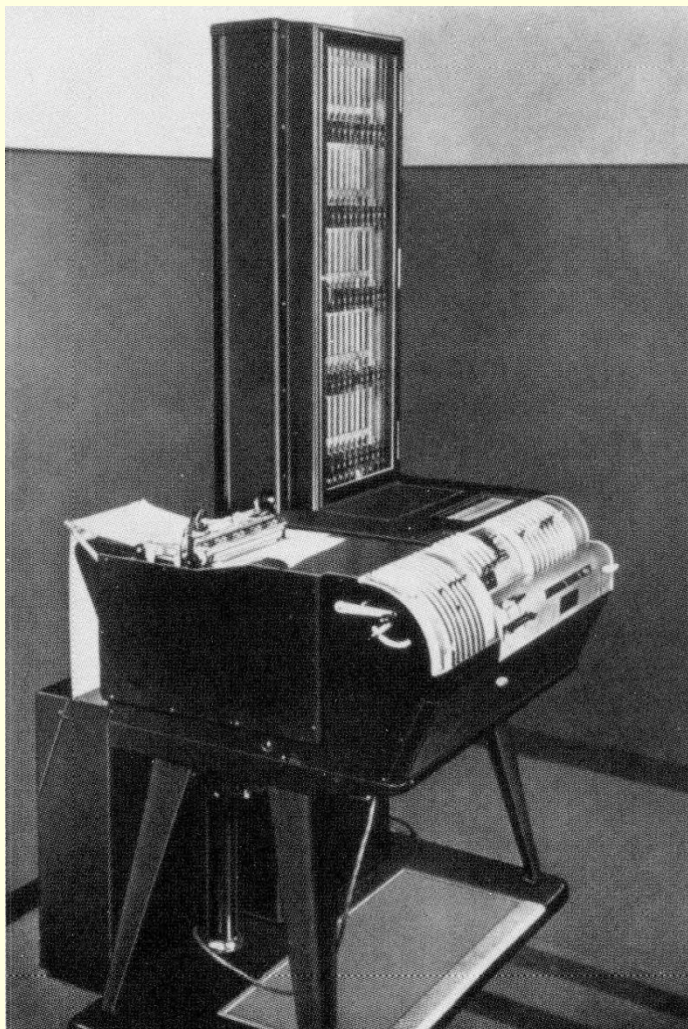


1914 г. Релейная машина для вычислений по формуле $p \times q - b$.

Леонардо Торрес-и-Кеведо
(Leonardo Torres-y-Quevedo,
1852-1936).



Устройства памяти

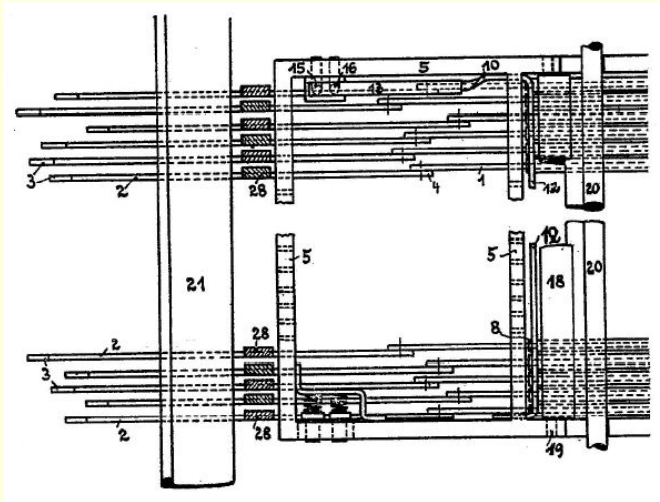


Июнь 1923 г. Уроженец Испании Франсиско Кампос (Francisco Campos Campaña) получил в Германии патент (заявка была подана 2 марта 1920 г.) на механическую бухгалтерскую машину, предназначенную для раздельного ведения счетов нескольких клиентов.

Машина могла складывать, вычитать, а также запоминать и хранить числа в памяти.

Она состояла из десяти пятизначных чисел, представленных наборами зубчатых реек (каждая рейка соответствовала одному разряду).

Устройства памяти



10 сентября 1924 г. Немецкий изобретатель Альфред Краузе (Alfred Krause) получил патент на механическую бухгалтерскую машину, содержащую устройство памяти для хранения результатов вычислений (судя по всему, в качестве прототипа своей разработки Краузе использовал патент Ф. Кампоса).

1928 г. Ф. Кампос изготовил первый экземпляр своей механической бухгалтерской машины. По сравнению с описанным в патенте прототипом, Кампосу удалось добиться серьезного прогресса – его машина могла хранить и обрабатывать 1000 девятиразрядных десятичных чисел. Память была **адресуемой** (набрав номер счета, можно было распечатать его состояние). Машина Кампоса не имела ни предшественников, ни аналогов – это уникальное устройство стало первой в истории механической вычислительной машиной, имеющей память такого большого объема.

Устройства памяти



Бухгалтерские машины модели "National 3000" компании NCR имели несколько регистров для запоминания промежуточных результатов и обладали возможностью передачи данных из регистра в регистр.

С их помощью можно было фактически имитировать работу разностной машины Бэббиджа.

Начало 1920-х гг.

Конрад Цузе



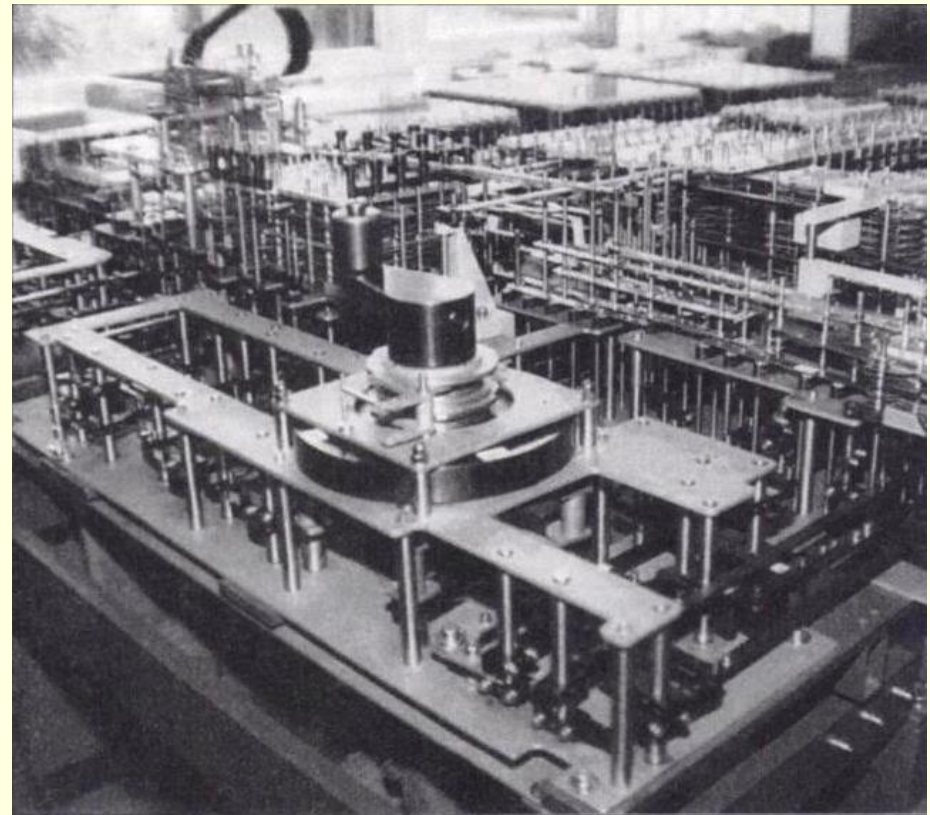
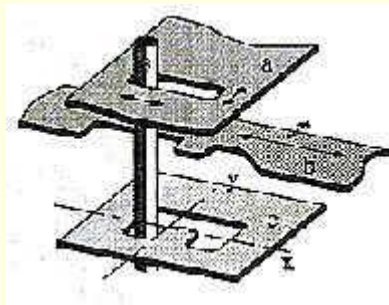
Конрад Цузе (Konrad Zuse, 1910-1995).

Компьютеры Конрада Цузе

1938 г. Механический управляемый программой компьютер Z-1.

Каждая ячейка памяти состояла из трех металлических пластинок, средняя из которых могла двигаться, смещая при этом штырь влево или вправо и тем самым определяя значение ячейки – 0 или 1.

Главным достоинством такой памяти Цузе считал ее компактность и расширяемость.



Электронные компьютеры – ENIAC



Джон Моучли (John William Mauchly, 1907-1980)
и

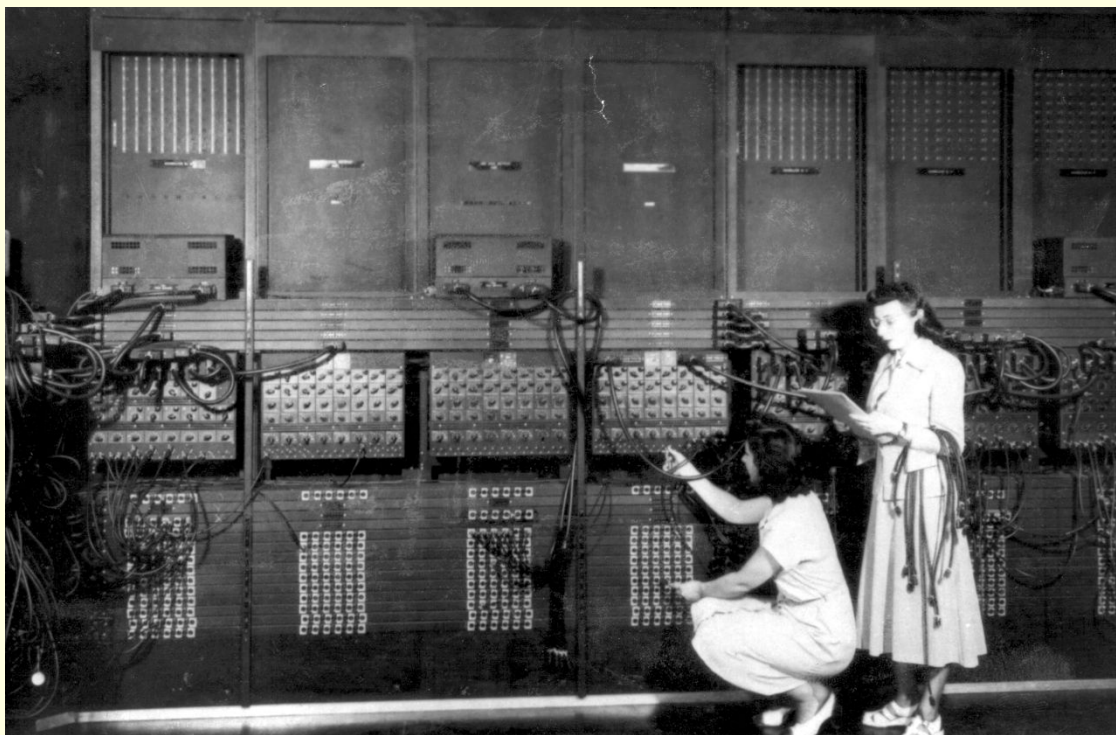
Джон Преспер Эккерт-мл. (John Presper Eckert, Jr, 1919-1995).

Джон фон Нейман
(John von Neumann, 1903-1957).



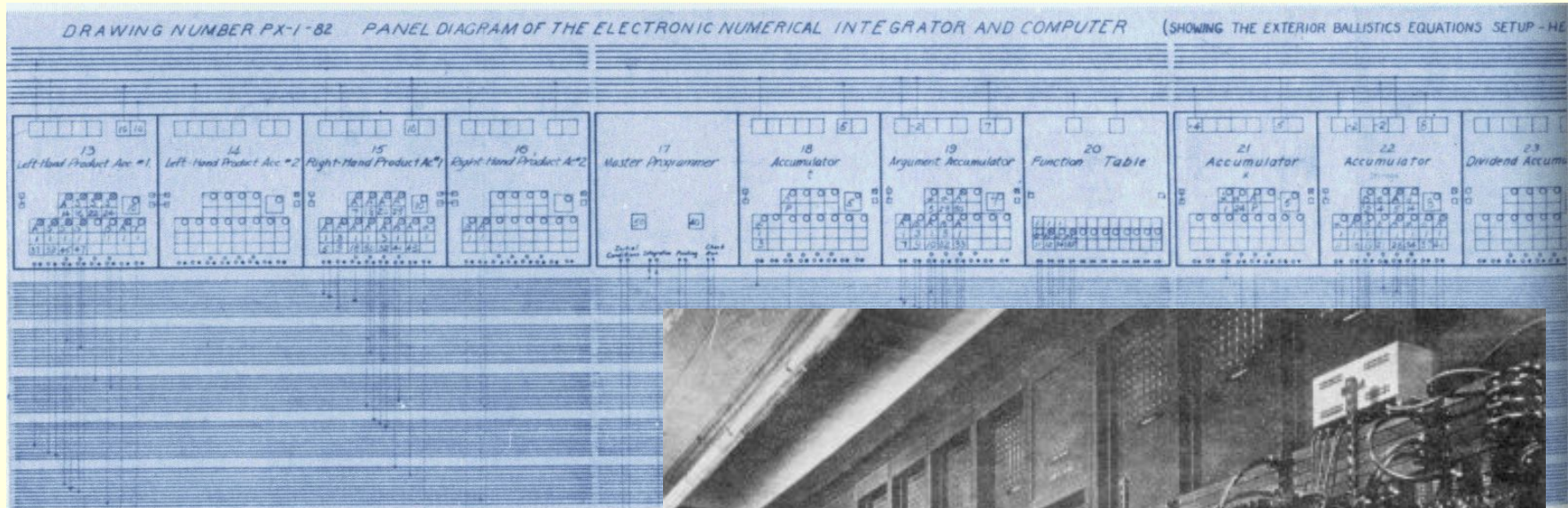
“Программирование” на ENIAC

Август 1942 г. Джон Моучли впервые использовал термин **to program** (**программировать**), но еще не в современном смысле, а для обозначения процесса соединения исполнительных устройств проектировавшейся им вычислительной машины с помощью штекерного коммутатора.

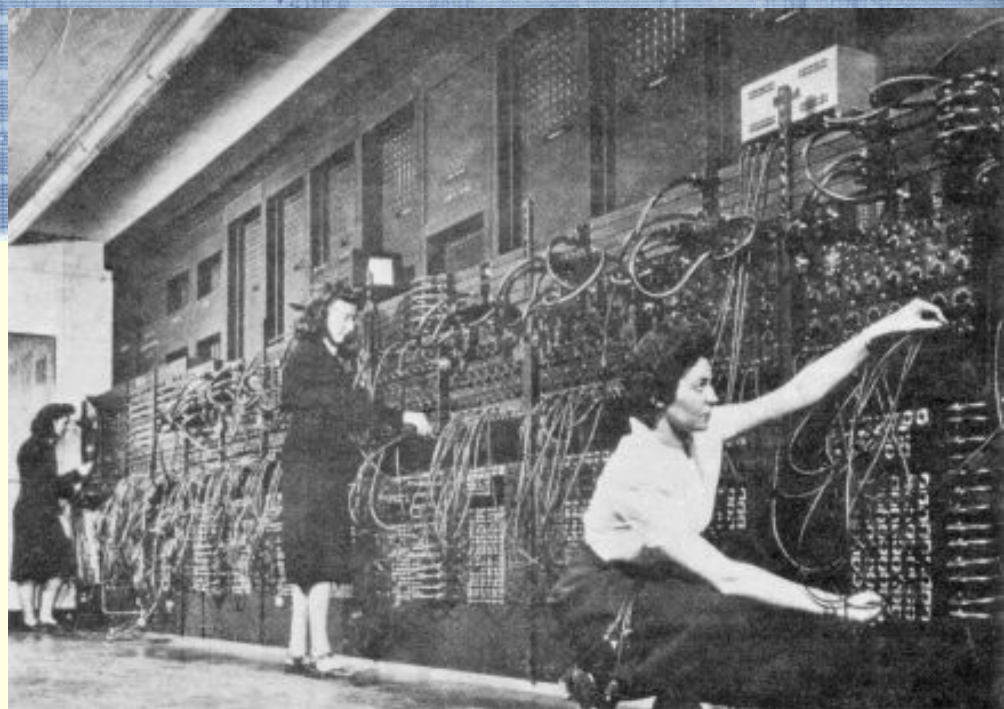


1945 г.

“Программирование” на ENIAC



Фрагмент “программы” ENIAC
и
процесс “программирования”.



Принципы фон Неймана

Июнь 1945 г. Джон фон Нейман присоединился к группе разработчиков ENIAC и принял активное участие в обсуждении проекта их будущего компьютера EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer).

Отчет "First Draft of Report on the EDVAC":

1. Программное управление работой компьютера.
2. Принцип условного перехода.
3. Принцип хранимой программы.
4. Использование двоичной системы счисления.
5. Принцип иерархичности памяти.

Фактически эти принципы выработали Д. Моучли и П. Эккерт. Некоторые считают, что еще раньше их сформулировал Конрад Цузе.

Термин “программа”

Июль 1946 г. В своей лекции на конференции в Пенсильванском университете Преспер Эккерт охарактеризовал принципиально новую концепцию компьютерной архитектуры, основанную на хранении программы в памяти, и впервые использовал слово **программа** в современном значении.

Джон фон Нейман этот термин использовал крайне редко. В своей работе 1945 г., давая описание особенностей новой архитектуры, он говорит об **инструкциях, стандартных командах** (*standard orders*), **операциях** и **коде** (*code*) – но ни разу о программе! Год спустя в одной из статей словом *программа* он пользуется наряду со словом *код*, а еще через год – снова отказывается от него в пользу терминов **план** (*plan*) и **установка** (*set-up*).

Декабрь 1951 г. В отчете по работе над ЭВМ М-1, построенной под руководством И. С. Брука, четко говорится, что “Набор инструкций, необходимых для решения задачи, называется **программой**”.

Что такое программирование

Программа. Последовательность операций, выполняемых компьютером для достижения поставленной цели или задачи. Описание на **языке программирования** действий, которые должен выполнить компьютер в соответствии с **алгоритмом** решения конкретной задачи. Упорядоченная последовательность **команд**, подлежащих обработке.

Программирование – совокупность процессов, связанных с разработкой программ и их реализацией.

В широком смысле к этим процессам относят все технические операции, необходимые для создания программ, в том числе анализ требований, все стадии разработки, а также реализации в виде готового продукта.

В узком смысле программирование – процессы выбора структуры, кодирования и тестирования программ.

Plankalkül – первый язык программирования

$$\begin{array}{c|ccc} & Z & +1 & \Rightarrow Z \\ V & 1 & & 1 \\ S & 1 \cdot n & 1 \cdot n & 1 \cdot n \end{array}$$

–
присваивание.

$$\begin{array}{c|ccc} & (V, V) \Rightarrow R \\ V & 0 & 1 & 0 \\ S & \sigma & \sigma & 2\sigma \end{array}$$

– объединение двух значений.

$$\begin{array}{c|cccc|cccc} & W \left[\mu x(x \in V \wedge x \neq V) \Rightarrow Z \right. & & & \left. (R \wedge R17(Z)) \Rightarrow R \right] \\ V & & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ S & \left[\begin{array}{cccc} \sigma & m\sigma & \sigma & \sigma \end{array} \right. & & & \left. \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

– оператор повторения.

$$\begin{array}{c|ccc} P17 & & & \\ & R(V) \Rightarrow (R, R) \\ V & 0 & 0 & 1 \\ S & & & 0 \end{array}$$

– заголовок подпрограммы.

Язык был разработан в 1945 г. Описание частично опубликовано в 1959 и 1972 годах.

Plankalkül – первый язык программирования

		① $R(V) \Rightarrow R$			
V		0	0		
S		$m\sigma$	0		
		② $Az(V) \Rightarrow \& R$		$V \Rightarrow Z$	③ $0 \Rightarrow \varepsilon$
V		0	0	0	0
K		0		0	
S		σ	0	σ	σ
		④ $\mu x \left[\begin{array}{cc} x \in V & \& x \neq V \\ 0 & 0 \\ & 0 \\ \sigma & m\sigma \end{array} \right] \Rightarrow Z$		$1n$	⑤ $Sq(Z, Z) \Rightarrow \& R$
V	W			1	0 1 0
K					
S				σ	$\sigma \sigma$ 0
		⑥ $Kla(Z) \rightarrow (\varepsilon + 1 \Rightarrow \varepsilon)$		⑦ $Klz(Z) \rightarrow (\varepsilon - 1 \Rightarrow \varepsilon)$	
V		1		1	
S		σ		σ	
		⑧ $\varepsilon \geq 0 \Rightarrow \& R$		⑨ $Z \Rightarrow Z$	
V			0	1	0
S			0	σ	σ
		⑩ $Sz(Z) \Rightarrow \& R$		$\varepsilon = 0 \Rightarrow \& R$	
V		0	0		0
S		σ	0		0

Программа проверки синтаксической правильности записи булевского выражения.

2000 г. Первая реализация языка.

EDSAC и первая программа



6 мая 1949 г. В Кембриджском университете завершена постройка **EDSAC** (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) – **первого в мире компьютера с хранимой в памяти программой.**

Первую программу – составление таблицы квадратов чисел – написал Дэвид Уилер (David John Wheeler, 1927-2004). Для написания программ использовались символические обозначения.

Тактовая частота составляла 500 килогерц, а большинство инструкций выполнялись за полторы миллисекунды.

EDSAC



Морис Уилкс (Maurice Wilkes, 1913-2010).

Память на ртутных линиях задержки.

Вывод результатов вычислений.



Программирование для EDSAC

```

31 T 158 S required by initial orders
enter → 32 E 61 S jump-over constants
33 P 8 S x1
34 P S x0
35 P 16 S x2
36 P S
37 P S
38 P S
39 P S
40 P S
41 P S
42 P S
43 P S
44 P 80 S 10·x1
X 45 P 1398 S 6x2/12; scaled by 211·10-1
46 P S
47 P S
48 P S
49 P S
X 50 P S
51 P 1 S
52 P 8 S 6x; scaled by 211·10
X 53 P S column count
54 P 5 S 5; initializer for column count
55 P 174 S
56 P 30 S
X 57 P 11633 S
58 P 228 S
59 P 185 S
60 P 12057 S

```

all scaled by 2¹¹·10

constant needs to be double length, i.e.,

519845
13988

interchange most-significant and least-significant half-words

Ai(0) = 0.35502805

Ai(-0.5) = 0.36796149

Июль 1949 г.

Начало программы вычисления интеграла Айри, – решения уравнения Айри $y'' = xy$.

157 команд, около 20 ошибок!

Перечень ошибок в программе

Команда	Ошибка
62, 64, 68, 70	Incorrect left-shift order
72, 82	Incorrectly specified operand length
45, 50L, 53, 57	Incorrect constants
73, 144	Redundant instructions or constants
102-3, 143-4, 148-9	Missing orders
130, 141	Incorrect address in instruction
135, 149, 152	Incorrect or mispunched opcode

Отладка

Морис Уилкс вспоминал позднее, какой ужас охватил его при мысли, что “большую часть оставшейся жизни придется провести в поисках ошибок в собственных программах”.

Именно тогда разработчики компьютеров впервые осознали необходимость создания эффективных методов обнаружения ошибок (**тестирования**) и **отладки программ**, а также более эффективных методов написания самих программ.



Дэвид Уилер.



**После этого началась История.
Но это уже совсем другая
история...**

СПАСИБО!