

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа №359  
Фрунзенского района Санкт-Петербурга**

**Исследовательская работа по информатике на тему:  
«Ада Лавлейс и Чарльз Бэббидж. У истоков современных  
достижений»**

Работу выполнили учащиеся 10 «А» класса  
Илларионов Павел и Султанова Анастасия

Руководитель:  
учитель информатики Михеева Ольга Федоровна

Санкт-Петербург

2014 г.

## Содержание

Введение.....	3
1. Загадка Ады Лавлейс .....	4
2. Чарльз Бэббидж – опередивший время .....	7
2.1 Страницы биографии .....	7
2.2 Разностная машина.....	10
2.3 Аналитическая машина.....	13
3. Плоды совместной работы .....	15
4. Историческая справедливость .....	21
Заключение .....	22
Информационные источники.....	23
Приложение .....	24

## Введение

Исследовательская работа посвящена изобретателю первых вычислительных машин Чарльзу Бэббиджу и одной из первых женщин-математиков Аде Лавлейс, его соратнице и помощнице.

Главная цель исследования - изучить предпосылки и историю изобретения первых вычислительных машин, проследить преемственность в конструкторских особенностях и принципах программирования для машин XIX века и века XXI.

В процессе исследования необходимо было решить следующие конкретные задачи:

- Изучить биографии великих изобретателей;
- Обобщить материалы по истории проектирования и создания первых вычислительных машин;
- Познакомиться с научными результатами совместной работы Чарльза Бэббиджа и Ады Лавлейс;
- Проанализировать историческую преемственность назначения основных функциональных узлов и принципов программирования на первых машинах и современных персональных компьютерах;
- Найти материалы по исследуемой теме, малоизвестные широкому кругу читателей;
- Найти копии первоисточников на иностранных языках, перевести отдельные фрагменты на русский язык, узнать места хранения первоисточников;
- Найти копии фотоматериалов (фотографии, портреты, чертежи деталей машин).

Практическим применением данной работы может являться использование собранных материалов при изучении информатики на профильном уровне или в рамках элективных курсов.

## 1. Загадка Ады Лавлейс

Августа Ада Лавлейс родилась 10 декабря 1815 года. Она была единственной дочерью великого английского поэта Джорджа Гордона Байрона (1788—1824) ([Рис.1.2](#)) и Аннабеллы Байрон ([Рис.1.1](#)), урождённой Милбэнк (1792—1860). «Она незаурядная женщина, поэтесса, математик, философ», — писал Байрон о своей будущей жене в 1813 году.

Ада наследовала у матери любовь к математике и многие черты отца, в том числе близкий по эмоциональному складу характер. В 1816 году Байрон навсегда покидает Великобританию. Он никогда больше не видел дочери, но часто вспоминал о ней, посвятил ей трогательные и нежные строки в поэме "Паломничество Чайльд-Гарольда".

Is thy face like thy mother's, my fair child!  
Ada! Sole daughter of my house and heart?  
When last I saw thy young blue eyes, they smiled,  
And then we parted, — not as now we part,  
But with a hope. —

Awaking with a start,  
The waters heave around me; and on high  
The winds lift up their voices: I depart,  
Whither I know not; but the hour's gone by,  
When Albion's lessening shores could grieve or  
glad mine eye.

"Дочь, птенчик, Ада милая! На мать  
Похожа ль ты, единственно родная?  
В день той разлуки мне могла сиять  
В твоих глазах надежда голубая?"

\* \* \* \* \*

Спи в колыбели сладко, без волнения;  
Я через море, с горной высоты  
Тебе любимой, шлю благословенье,  
Каким могла б ты стать для моего томленья!"

Перевод Г. Шенгели

Мать всячески оберегала дочь и от возможного влияния отца, и от его стихов. Ада Байрон, как и многие её сверстницы, получила прекрасное образование, но места для поэзии в нем не предусматривалось.

Когда Аде было всего 12 лет, девочка стала запирается в своей комнате и что-то украдкой писать, чем не на шутку встревожила мать. Неужели поэзия прорвалась сквозь запреты, и дочь пишет стихи? Но то, что через несколько дней Ада показала матери, потрясло Аннабеллу больше, чем предполагаемые детские стихи: дочь покрывала листы бумаги чертежами летательного аппарата. Она не просто мечтала о крыльях, она их изобретала и даже пыталась проводить какие-то расчеты. Красоту стихов ей заменило изящество математической логики.

Вскоре Ада серьезно заболела и оказалась на три долгих года прикованной к постели. Мать приглашала к ней самых известных докторов и учителей, ведь девочка, несмотря на болезнь,

хотела учиться. Важное место в ее образовании занимало углубленное изучение математики – в немалой степени под влиянием матери. Миссис Байрон пригласила для Ады своего бывшего учителя — шотландского математика Огастеса де Моргана и знаменитую Мери Сомервилль, которая перевела в свое время с французского «Трактат о небесной механике» математика и астронома Лапласа. Именно, Мэри стала для своей воспитанницы примером для подражания.

Аде хотелось общаться не со светскими ловеласами, а с людьми по-настоящему образованными, которых от математических формул не клонит ко сну. Вскоре её с таким человеком познакомил. К числу друзей матери Ады принадлежал выдающийся английский ученый и изобретатель Чарльз Бэббидж.

Удивительным было зрелище, когда на технологической выставке 17-летняя Ада Байрон засыпала вопросами Чарльза Бэббиджа – члена Королевского научного общества, сорокалетнего профессора Кембриджа, одного из крупнейших математиков того времени!

Чарльз Бэббидж искренне полюбил эту девушку, он находил в ней главное, что ценил в людях, — остроту ума. Он поддерживал увлечение юной Ады математикой. Бэббидж следил за научными занятиями Ады, посылал ей статьи и книги, знакомил со своими работами. Бэббидж был фанатом математических способностей Ады, он дал ей прозвище "Чародейка чисел".

К 1834 году относится знакомство Ады с разностной машиной Бэббиджа. В своих воспоминаниях де Морган так описал один из первых визитов Ады к Бэббиджу: *“Пока часть гостей в изумлении глядела на это удивительное устройство с таким чувством, как, говорят, дикари первый раз видят зеркальце или слышат выстрел из ружья, мисс Байрон, совсем ещё юная, смогла понять работу машины и оценила большое достоинство изобретения”*.

В 1835 году Ада Байрон в возрасте 19 лет вышла замуж за лорда Уильяма Кинга, который впоследствии стал графом Лавлейс. У них было трое детей: Байрон, Аннабелла (леди Энн Блюн) и Ральф Гордон. Ни муж, ни трое детей не помешали Аде полностью отдаться тому, что она считала своим призванием.

Замужество Ады не отдалило её от Бэббиджа; их отношения стали ещё более сердечными. И если в начале знакомства Бэббиджа привлекли математические способности девушки, то в дальнейшем Бэббидж нашёл в ней человека, который поддерживал все его смелые начинания. Ада была почти ровесницей его рано умершей единственной дочери. Всё это привело к тёплому и искреннему отношению к Аде на долгие годы.

Ада была маленького роста, и Бэббидж, упоминая о ней, часто называл её феей. Однажды редактор журнала “Examiner ” описал её следующим образом: *“Она была удивительна, и её гений (а она обладала гениальностью) был не поэтический, а метафизический и математический, её ум находился в постоянном движении, которое соединялось с большой требовательностью. Наряду с такими мужскими качествами, как твёрдость и*

*решиительность, леди Лавлейс были присущи деликатность и утонченность наиболее изысканного женского характера. Её манеры, вкусы, образование... были женскими в хорошем смысле этого слова, и поверхностный наблюдатель никогда не смог бы предположить силу и знания, которые лежали скрытыми под женской привлекательностью”.*

Очень выразительна характеристика, данная Адой самой себе, в одном из писем Бэббиджу: *"Мой мозг — нечто большее, чем просто смертная субстанция; я надеюсь, время покажет это (если только мое дыхание и прочее не будут слишком быстро прогрессировать к смерти). Клянусь дьяволом, что не пройдет и десяти лет, как я высосу некоторое количество жизненной крови из загадок вселенной, причем так, как этого не смогли бы сделать обычные смертные губы и умы. Никто не знает, какие ужасающие энергия и сила лежат еще неиспользованными в моем маленьком гибком существе. ... Для вселенной хорошо, что мои устремления и честолюбие навсегда связаны с духовным миром и что я не собираюсь иметь дела с саблями, ядами и интригами».*

К сожалению, Ада Лавлейс прожила недолгую жизнь, она умерла от болезни 27 ноября 1852 года, не достигнув 37 лет. Она была похоронена в фамильном склепе семьи Байрона на земле графства Ноттингемшир (Nottinghamshire) ([Рис.1.8](#)).

Жизнь Ады Лавлейс была полна научных изысканий, поисков и свершений. Она была талантливым математиком, исследователем, изобретателем. А совместная работа с Чарльзом Бэббиджем в области создания первых вычислительных машин сделала ее имя известным.

Очень ценно, что сохранились фотографии Ады Лавлейс как в детском ([Рис.1.3](#)), так и в более старшем возрасте ([Рис.1.4](#)), и портреты, написанные художниками того времени, которые передали утонченную красоту этой удивительной загадочной женщины ([Рис.1.5](#); [Рис.1.6](#); [Рис.1.7](#)).

## 2. Чарльз Бэббидж – опередивший время

### 2.1 Страницы биографии

Чарльз Бэббидж родился 26 декабря 1791 года в небольшом поместье на берегу моря неподалеку от городка Тейгмаут (Teignmouth) в графстве Девоншир. Поместье принадлежало отцу будущего ученого - банкиру Бенджамину Бэббиджу. Чарльз рос болезненным ребенком. Слабое здоровье Чарльза было, вероятно, причиной того, что родители не решились отдать его в школу, и мальчика поначалу учила и воспитывала мать, о которой впоследствии он вспоминал с глубочайшим уважением и благодарностью и к советам которой всегда прибегал в трудные минуты.

Любознательность Чарльза, его стремление проникнуть в сущность вещей проявились очень рано. Бэббидж вспоминал: *«Получив новую игрушку, я задавал неизменный вопрос: «Мама, а что находится внутри?»* И пока я не получал ответа, я не давал покоя ни игрушке, ни окружающим. Если же ответ не соответствовал моим собственным представлениям о данном предмете, я ломал игрушку, чтобы проверить все самому».

В 11 лет родители помещают Чарльза в частную школу, которую некий священник содержал в местечке Алфингтон в Девоншире. Родители просят не особенно утруждать мальчика занятиями, а обращать побольше внимания на его здоровье.

После Алфингтона его отдают в другую частную школу, в Энфилде, предместье Лондона. Школа имела тщательно подобранную библиотеку из 300-400 томов. Среди книг был учебник алгебры «Руководство Уорда для юных математиков». Это руководство сыграло в жизни Бэббиджа большую роль. Он с таким увлечением занимался в школе алгеброй, что позднее, поступив в Кембридж, к великому своему смущению обнаружил, что знает в этой области значительно больше, чем его репетитор.

Также безоглядно он увлекался изобретательством. Например, попав в оперу на "Дон Жуана", смертельно заскучал и уже через пять минут ушел из зала - посмотреть, как устроен механизм сцены...

Чарльзу исполняется 18 лет, и родители решают, что он должен поступить в университет. Но какой из многочисленных колледжей Кембриджа или Оксфорда выбрать? На семейном совете было решено, что Чарльз поступит в самый известный из 16 колледжей Кембриджа — Тринити-колледж, в котором в свое время учился Исаак Барроу, а потом и его ученик Исаак Ньютон.

Для поступления в колледж необходимо было «подтянуть» классическое образование Чарльза, и он занимается некоторое время греческим и латынью. Что касается математики, то увлечение ею продолжается. До поступления в университет Бэббидж самостоятельно изучает несколько монографий и учебников. Среди них «Флюксии» Диттона, «Принципы аналитических вычислений» Вудхауза, «Теория функций» Лагранжа и др.

В 1811 году Чарльз Бэббидж становится студентом Тринити-колледжа. (рис. 2.1.1) Время учебы в Кембридже - самый счастливый период его жизни. Остроумный и общительный, он сразу же становится душой общества. *«Мы собирались у меня по субботам и обсуждали все понятные и непонятные вещи»*, — писал спустя 50 лет Бэббидж. Среди многочисленных друзей Бэббидж выделяет Джорджа Пикока и Джона Гершеля — сына первооткрывателя планеты Уран. Молодых людей объединяют не только и не столько клубные интересы, вист и шахматы, но и нечто большее - горячая любовь к математике и желание *«приложить все силы к тому, чтобы сделать мир более мудрым...»*. Хотя после смерти Ньютона (1727) прошло к тому времени почти 85 лет, английские математики не прибавили ничего нового к трудам своего великого соотечественника. В стране великих математиков Тейлора, Барроу, Ньютона интерес к математике постепенно падал. Желая возродить былую славу Англии, Бэббидж, Пикок, Гершель и несколько их соучеников образуют в 1812 году Аналитическое общество (Analytical Society) . Друзья снимают помещение для встреч, устраивают дискуссии, обсуждая работы своих континентальных коллег, и даже издают том трудов («Записки Аналитического общества»). По свидетельству современников, Аналитическое общество дало первый толчок возрождению интереса к математике в Англии.

Другим увлечением Бэббиджа в университете была химия. Он посещал лекции профессора Смитсона Теннанта, открывшего иридий и осмий, и вместе с Гершелем часто ассистировал профессору. Но в 1815 году после трагической гибели Теннанта<sup>1</sup> Бэббидж забросил химию и полностью переключился на математику.

Математические способности своих друзей Чарльз ставил выше своих, может быть, недооценивая собственные. Он был уверен, что сдаст выпускной экзамен хуже, чем Пикон, и уж наверняка хуже, чем Гершель. Не желая быть третьим в Тринити-колледже, Бэббидж переходит в 1813 году в колледж св. Петра, который и заканчивает первым, получив в 1814 году степень бакалавра, а в 1817 — степень магистра. (Рис. 2.1.2) Между этими датами происходит еще ряд важных событий в его жизни: в 1815 году он женится на Джорджиане Витмуре и переезжает в Лондон. За тринадцать лет брака у них было восемь детей, но пятеро из них умерли в раннем

---

<sup>1</sup> Во время несчастного случая при обрушении моста во время верховой езды



возрасте. В 1816 году Бэббидж становится членом Королевского общества, в 1815-1817 годах публикует три статьи по функциональному исчислению в журнале Философическэл Транзекшнс (Philosophical Transactions).

Бэббидж высоко ценил дружбу с сэром Гершелем и своего сына, родившегося в 1815 году, он назвал Бенджамином Гершелем. С Джоном Гершелем Бэббидж выполнил ряд совместных научных работ. Хотя в дальнейшем их научные интересы не совпадали, Джон всячески помогал создателю первой вычислительной машины и был, пожалуй, единственным человеком, с которым Бэббидж сохранял ровные, дружеские отношения на протяжении многих лет.

Чарльз Бэббидж прожил долгую и удивительно плодотворную в научном плане жизнь. (Рис. 2.1.3) Он умер в возрасте 79 лет 18 октября 1871 года. Похоронен на кладбище Кенсал Грин (Kensal Green Cemetery) в Лондоне. Его научное наследие поражает. В числе его изобретений: спидометр, офтальмоскоп, сейсмограф, устройство для наведения артиллерийского орудия, но главным делом его жизни было изобретение и создание вычислительных машин. Перефразируя слова Н. Кондорсе об Эйлере<sup>2</sup>, можно сказать, что Бэббидж *«перестал жить и строить вычислительные машины»*. (Рис. 2.1.4)

---

<sup>2</sup> Н. Кондорсе заключил свою речь в академии в память Эйлера следующими словами: «Итак, Эйлер перестал жить и вычислять»

## 2.2 Разностная машина

В 1820 году, казалось, судьба уготовила Чарльзу Бэббиджу жизнь легкую и счастливую: он достиг определенных успехов на научном поприще, был счастлив в семейной жизни, хорошо обеспечен материально. Многочисленным друзьям нравится его остроумие, общительность, широкие познания, умение поддержать разговор на самые разнообразные темы. Таким мы видим Бэббиджа, когда 28-летний ученый начал активно работать над осуществлением самого выдающегося своего изобретения - вычислительной машины. Идея создания такой машины стала для Бэббиджа манией, которая преследовала его всю оставшуюся часть жизни, предметом его гордости и источником глубочайших разочарований.

В автобиографической книге «Страницы жизни философа» (Passages from the Life of Philosopher, 1864) Бэббидж пишет: *«...однажды вечером я сидел в одной из комнат Аналитического общества в Кембридже, подремывая над открытой таблицей логарифмов, которая лежала передо мной. Один из членов общества вошел в комнату и, видя, что я почти сплю, воскликнул: «О чем ты мечтаешь, Бэббидж?» - на что я ответил: «Я думаю,- что все эти таблицы могли бы быть вычислены с помощью машины... Это событие, должно быть, произошло в 1812-м или 1813 году...»*

Итак, с 1812 года Чарльз Бэббидж начинает размышлять о возможных способах машинного вычисления таблиц. Почему именно к таблицам как объекту вычислений обратился Бэббидж? Было хорошо известно, что всевозможные математические таблицы широко используются в практической деятельности землемеров, архитекторов, каменщиков, кораблестроителей, банковских клерков, инженеров. Широкое распространение в Европе конца XVIII - начала XIX века получили арифметические, тригонометрические и логарифмические таблицы и исключительное значение для Англии, великой морской державы, имели астрономические и навигационные таблицы.

Первое издание «Морского календаря» (свод астрономических, навигационных и логарифмических таблиц, 1776 г.) готовилось с тщательностью, которую не знала еще вычислительная практика тех лет. И, тем не менее, в нем содержалось множество ошибок в результате недостаточно точных исходных данных, просчетов в вычислениях (а они, естественно, производились вручную), ошибок при переписывании. «Морской календарь» выходил ежегодно, и каждое издание требовало огромного труда множеств вычислителей. Сотни и даже тысячи ошибок содержали самые, пожалуй, распространенные таблицы - логарифмические. Издатели таблиц вынуждены были содержать специальный штат корректоров, что, впрочем, все равно не спасало от ошибок.

На мысль о построении технологии вычислений Бэббиджа натолкнули работы молодого математика Гаспара де Прони. Де Прони перенес идею разделения труда на вычислительный процесс. Он организовал вычисления как бы по «конвейерной системе», разбив вычислителей на 3 группы. В первой группе было 5 или 6 математиков (среди них М. Лежандр), которые выбирали наиболее пригодные методы и формулы и составляли схемы расчетов. Во вторую группу вошли 7 или 8 вычислителей, которые по выбранным формулам определяли численные значения функций с шагом 5 или 6 интервалов. В третьей группе было около 90 вычислителей низкой квалификации, которые назывались — computers (первое использование этого слова). Две группы вычислителей работали параллельно, сверяя полученные результаты.

Бэббидж был высокого мнения о проекте де Прони и предложил заменить третью группу вычислителей машиной, чтобы автоматизировать, как он писал, «самые примитивные действия человеческого интеллекта».

Чарльз Бэббидж самостоятельно конструирует малую Разностную машину<sup>3</sup> и в 1819 году приступает к ее созданию. В 1822 году он закончил её строительство и выступил перед Королевским Астрономическим обществом с докладом о применении машинного механизма для вычисления астрономических и математических таблиц. Он продемонстрировал работу машины на примере вычисления членов последовательности. Малая машина была полностью механической и состояла из множества шестерёнок и рычагов. В ней использовалась десятичная система счисления. Она оперировала 18-разрядными числами с точностью до восьмого знака после запятой и обеспечивала скорость вычислений 12 членов последовательности в минуту. С помощью этой машины можно было вычислять значения многочленов 7-й степени.

За создание Разностной машины Бэббидж был награждён первой золотой медалью Астрономического общества. Вот выдержки из речи президента общества Н. Колбрука при вручении награды: «...эта машина... облегчит развитие науки, освободив ее от того, что автор справедливо называет непреодолимым бременем числовых подробностей».

Однако малая разностная машина была экспериментальной, так как имела небольшую память и не могла быть использована для больших вычислений.

В 1822 году Бэббидж задумался о создании большой разностной машины. (Рис. 2.2.1) Большая разностная машина должна была состоять из 25 000 деталей, весить почти 14 тонн и быть 2,5 метра высотой. Кроме того, разностная машина должна была быть оснащена печатным устройством для вывода результатов. Память была рассчитана на 1000 50-разрядных чисел. В 1823 году Бэббидж получил 1500 фунтов стерлингов и приступил к разработке новой

---

<sup>3</sup> Принцип работы машины основан на аппроксимации функций многочленами и вычислении конечных разностей.

машины. Он планировал сконструировать машину за 3 года. Однако Бэббидж не учёл тот факт, что столь сложную конструкцию реализовать при технических возможностях того времени было практически невозможно. К 1827 году было затрачено уже 3500 фунтов стерлингов (более 1000 фунтов личных денег). Ход работы по созданию разностной машины сильно замедлился. В 1834 году работы по созданию машины были приостановлены. На тот момент уже было затрачено 17000 фунтов государственных денег и 6000 личных. А в 1842 году правительство отказалось финансировать проект. Разностная машина так и не была достроена.

### 2.3 Аналитическая машина

Разностная машина Бэббиджа отличалась от предшествовавших тем, что в процессе вычислений не требовала вмешательства человека. Это был, конечно, шаг вперед по сравнению с простыми суммирующими устройствами, но и разностная машина обладала ограниченными возможностями. Она, пользуясь современной терминологией, представляла собой специализированное вычислительное устройство с фиксированной программой действий. Чтобы перейти к вычислению другой функции, необходимо вмешательство человека - он должен ввести в регистры новые исходные данные.

А нельзя ли создать машину, которая была бы универсальным вычислителем, то есть выполняла бы все действия без вмешательства человека и в зависимости от полученного на определенном этапе решения результата сама выбирала дальнейший путь вычислений?

Бэббидж дает положительный ответ на этот вопрос - он изобретает Аналитическую машину.

Аналитическая машина имела следующие составные части ([Рис. 2.3.2](#)):

1. «Склад» для хранения чисел (по современной терминологии «накопитель», или «запоминающее устройство», «память»);

2. «Мельницу» - для производства арифметических действий над числами («арифметическое устройство») ([Рис. 2.3.3](#));

3. Устройство, управляющее в определенной последовательности операциями машины («устройство управления»);

4. Устройства ввода и вывода данных.

Для хранения чисел Бэббидж предложил использовать регистры из десятичных счетных колес. Каждое колесо могло останавливаться в одном из 10 положений и таким образом «запоминать» один десятичный знак.

В Аналитической машине предусматривались три различных способа вывода полученных результатов: печатание одной или двух копий, изготовление стереотипного отпечатка, пробивка на перфокартах.

Аналитическая машина не была построена. Но Бэббидж сделал более 200 чертежей ее различных узлов ([рис. 2.3.1](#)) и около 30 вариантов общей компоновки машины. При этом было использовано более 4 тысяч «механических обозначений»!

Для управления машиной Бэббидж предложил применить механизм, аналогичный механизму ткацкого станка Жаккара, с помощью специальных управляющих карт ([Рис 2.3.4](#)).

Для управления переносом чисел из «склада» в «мельницу» и обратно использовались карты нескольких типов: «поставляющие карты», предназначенные для передачи чисел из памяти в арифметическое устройство, «получающие карты» - для передачи чисел в обратном направлении. Кроме того, «поставляющие карты» делились на два класса: «нулевые карты» (осуществлялось «стирание» регистра) и «сохраняющие карты» (содержимое регистра оставалось после передачи чисел прежним).

Таким образом, с помощью карт, прообраза современных перфокарт, Бэббидж предполагал осуществить автоматическое управление процессом механических вычислений.

Он предполагал также с помощью карт осуществлять ввод числовой информации, благодаря чему в машину могли подаваться логарифмические и другие таблицы.

### 3. Плоды совместной работы

В 1842 году Чарльз Бэббидж читал лекцию о своей аналитической машине в Туринском университете, на которой присутствовал итальянский ученый Луис Менабреа (Luigi Menabrea), прибывший в Англию, чтобы познакомиться с машиной Бэббиджа. В следующем году Луис Менабреа опубликовал в одном из французских журналов статью со своими наблюдениями. Графиню Лавлейс попросили перевести на английский язык одну из записанных версий лекции. Ада, будучи математиком, была очень заинтересована работой Бэббиджа. План и структуру примечаний они разрабатывали совместно с Бэббиджем. Когда возникали трудности, они встречались и разрешали их в личной беседе. Она не только перевела записи, но и снабдила их собственными комментариями.

Ада Лавлейс рассуждала в них о таких понятиях как подпрограмма и модификация программ, придумала термины рабочая ячейка и цикл. Она писала: *«Суть и предназначение машины изменятся от того, какую информацию мы в нее вложим. Машина сможет писать музыку, рисовать картины и покажет науке такие пути, которые мы никогда и нигде не видели»*. Одним из важнейших понятий программирования служит понятие цикла. Лавлейс полностью осознала значение цикла — использование циклических вычислительных методов является одним из простейших и эффективнейших методов, облегчающих использование вычислительных машин. Поэтому в своей работе она уделяет весьма много внимания циклам. Ей принадлежит определение цикла: *"Под циклом операций следует понимать любую группу операций, которая повторяется более одного раза"*. Организация циклов в программе значительно сокращает ее объем. Без такого сокращения практическое использование Аналитической машины было бы нереальным, т. к. она работала с перфокартами, и требовалось бы огромное их количество для каждой решаемой задачи.

Работа была передана в типографию 6 июля 1843 года. Начиная с 10 июля, стала поступать корректура, которую также смотрели и исправляли совместно. Перевод статьи Л. Менабреа занимает 20 страниц ([Рис. 3.1](#)), примечания же Ады Лавлейс — в два с половиной раза больше, 50 страниц. Одно это сопоставление показывает, что А. Лавлейс отнюдь не ограничилась ролью простого комментатора. При этом статья Л. Менабреа касается в большей степени технической стороны дела, тогда как примечания Лавлейс — математической.

После получения первых корректур она пишет Бэббиджу: *"Я хочу вставить в одно из моих примечаний кое-что о числах Бернулли в качестве примера того, как неявная функция может быть вычислена машиной без того, чтобы предварительно быть разрешенной с помощью головы и рук человека. Пришлите мне необходимые данные и формулы"*. По ее просьбе Бэббидж

прислал все необходимые сведения и, желая избавить Аду от трудностей, сам составил алгоритм для нахождения этих чисел. Но допустил очень грубую ошибку при составлении алгоритма, и Ада сразу же это обнаружила. Она самостоятельно написала программу для вычисления чисел Бернулли. По мнению Бэббиджа, программа была достойна отдельной статьи или брошюры, но Ада ответила Бэббиджу длинным на 16 страницах письмом, где решительно отклонила это предложение, поскольку это нарушило бы сроки публикации статьи Л. Менабреа с её примечаниями.

28 июля Лавлейс восторженно пишет Бэббиджу: *"Я счастлива узнать, что мои Примечания требуют фактически мало исправлений. Сказать честно, они удивили меня, хотя речь идёт обо мне самой. Они действительно написаны прекрасным стилем, который превосходит стиль самого очерка"*.

После окончания работы над статьёй Л. Менабреа Ада Лавлейс в письме от 11 августа задаёт Бэббиджу вопрос, оставит ли он "интеллект и способности "леди-феи" на службе своим великим целям?". Ответ Бэббиджа был, естественно, положительным. В этом же письме Лавлейс предлагает консультировать всех желающих по вопросам, связанным с вычислительными машинами, чтобы Бэббидж не отвлекался от основной работы.

Луис Менабреа был удивлён, обнаружив свою статью не только хорошо переведённой, но и снабжённой обширными и глубокими комментариями и замечаниями. Статья была переведена профессиональным математиком (в этом он не сомневался), а каждое замечание было подписано инициалами AAL (Augusta Ada Lovelace). Это было связано с тем, что женщин в науке тогда практически не было, и они не имели права подписываться в научных изданиях своими именами и фамилиями. Каково же было восхищение Луиса Менабреа, когда после длительных выяснений он узнал, что за этими инициалами кроется 27-летняя леди Лавлейс.

Представления Лавлейс о принципиальных возможностях аналитической машины были вполне обоснованы. Круг вопросов, рассмотренных в её "Примечаниях" ([Рис. 3.2](#)), весьма широк. Хотя Бэббидж написал свыше 70 книг и статей по различным вопросам, а также составил большое число неопубликованных описаний вычислительной машины, полного и доступного описания и, главное, анализа возможностей машины для решения различных задач он так и не сделал. Бэббидж говорил, что слишком занят разработкой машины, чтобы уделять время её описанию. Работа Лавлейс не только заполнила этот пробел, но и содержала глубокий анализ особенностей аналитической машины. Прекрасный популяризатор идей Бэббиджа, леди Лавлейс настолько хорошо понимала его работу, что описала принципы действия аналитической машины с чёткостью, которой не ожидал даже сам Бэббидж. Он неоднократно повторял, что представления Лавлейс о его работе были яснее, чем его собственные.



Усвоив идеи Бэббиджа и обладая глубокими познаниями в математике, Ада Лавлейс с большой энергией проповедовала эти идеи, стремясь сделать их широко известными и понятными, стараясь заинтересовать учёных работами Бэббиджа. Наряду с этим она разработала некоторые чертежи для машины Бэббиджа и исследовала вопросы, связанные с применением в машине двоичной системы счисления. Лавлейс высказала ряд идей, получивших широкое применение только в настоящее время. Основной итог её работы – создание основ программирования на универсальных цифровых вычислительных машинах.

Кроме того, Ада Лавлейс создала программу вычисления чисел Бернулли для Аналитической машины. Эта программа представляет исключительный интерес, поскольку величина, сложность и математическая постановка данной задачи не идут ни в какое сравнение с элементарными примерами. Этот пример позволил Лавлейс в полной мере показать методику программирования на Аналитической машине и те преимущества, которые дает последняя при подходящем методе вычислений.

Эта программа вызвала восторг Бэббиджа, он не жалел хвалебных слов для её автора, и они были вполне заслуженными. Поддержка и теплые слова укрепляли уверенность Ады и давали ей силы для работы. Успехи давались ей с большим напряжением и не без ущерба для здоровья, на что она неоднократно жалуется в письмах Бэббиджу. Лавлейс хотелось, чтобы эта и последующие работы, о которых она мечтала, выходили под ее настоящим именем. Лишь спустя много лет ее работы начали выходить под именем Ады Лавлейс.

В материалах Бэббиджа и комментариях Лавлейс намечены такие понятия, как подпрограмма и библиотека подпрограмм, модификация команд и индексный регистр, которые стали употребляться только в 50-х годах нашего века. Сам термин библиотека был впервые введен Бэббиджем, а термины рабочая ячейка и цикл предложила Ада Лавлейс.

Прежде всего, уже в то время Ада Лавлейс отдавала себе полный отчет в колоссальной "широте спектра" возможностей универсальной вычислительной машины. Вместе с тем, она очень четко представляла себе границы этих возможностей: *"Желательно предостеречь против преувеличения возможностей Аналитической машины. Аналитическая машина не претендует на то, чтобы создавать что-то действительно новое"*.

Предвосхищая "этапы" компьютерного программирования, Ада Лавлейс, так же как и современные математики, начинает с постановки задачи, затем выбирает метод вычисления, удобный для программирования, и лишь тогда переходит к составлению программы. В 1843 году, когда эти положения высказывались, Ада, конечно, не могла предвидеть, как разовьются и какие формы примет программирование спустя 120 лет.

“Примечания” Лавлейс заложили основы современного программирования, базирующегося на тех идеях и принципах, которые были ею высказаны.

**В примечании А** Лавлейс сравнивает две машины Разностную и Аналитическую. Лавлейс пишет, что *«аналитическая машина, по сравнению с разностной, играет такую же роль, какую математический анализ - по отношению к арифметике»*. Она отмечает, что вычислительная машина представляет собой совершенно иную область науки и техники и уделяет внимание выработке соответствующей терминологии. По определению Лавлейс, аналитическая машина представляет собой воплощение науки об операциях и сконструирована специально для действий над абстрактными числами как объектами этих операций.

*"Под словом операция, - пишет Лавлейс, - мы понимаем любой процесс, который изменит взаимное отношение двух или более вещей, какого рода эти отношения ни были бы. Это наиболее общее определение (охватывающее все предметы во Вселенной). Операционный механизм может быть приведён в действие независимо от объекта, над которым производится операция. Этот механизм может действовать не только над числами, но и над другими объектами, основные соотношения между которыми могут быть выражены с помощью абстрактной науки об операциях и которые могут быть приспособлены к действию операционных обозначений и механизма машины. Предположим, например, что соотношения между высотами звуков в гармонии и музыкальной композиции поддаются такой обработке; тогда машина сможет сочинять искусно составленные музыкальные произведения любой сложности или длительности".*

Последнее замечание Лавлейс поражает. Она впервые в научном плане ставит вопрос о возможности получения с помощью вычислительной машины результатов, аналогичных результатам, полученным в процессе художественного творчества. Лавлейс делает принципиальный вывод об отсутствии ограничений для математических возможностей аналитической машины. В терминах 20 века можно было бы сказать об алгоритмической универсальности аналитической машины: любой алгоритм в принципе может быть реализован.

Лавлейс по достоинству оценила значение изобретений, лежащих в основе ткацкого станка Жаккара (перфокарт и соответствующих механизмов) и применённых Бэббиджем для управления аналитической машины. Она образно описала значение перфокарт ([Рис.2.3.3](#)).

*"Карты только указывают сущность операций, которые должны быть совершены, и адреса переменных, на которые эти действия направлены. Можно сказать достаточно точно, что аналитическая машина ткёт алгебраические удары, как ткацкий станок Жаккара цветы и листья".*

**В примечании В** Лавлейс рассматривает запоминающие устройства (склад) Аналитической машины и открывает возможность записи в любом регистре любого числа. Она поясняет читателю, что "склад" Аналитической машины представляет собой оперативное устройство (запоминающее), позволяющее записывать, стирать, хранить и извлекать любые числа, над

которыми можно произвести любую последовательность арифметических операций, причём на всех этапах сохранять промежуточные результаты вычислений.

В **примечании С** Ада Лавлейс объясняет читателю изобретённый Бэббиджем и упомянутый в статье Л. Менабреа способ возврата одиночной перфокарты или группы перфокарт с целью их повторного использования любое число раз. Повторное использование имеет существенное значение, т.к. при решении задач очень часто возникает необходимость в многократном повторении той или иной последовательности команд. Возможность такого повторения значительно упрощает составление программы.

**Примечание D** представляет существенный интерес для истории программирования. Здесь приведена программа машинного решения системы двух линейных уравнений с двумя неизвестными. Лавлейс впервые применяет термин "рабочая переменная", эквивалентный современному понятию "рабочая ячейка". Этот термин Лавлейс использует для обозначения трёх типов колонок памяти:

- С заранее установленными данными;
- Хранящими конечные результаты вычислений;
- Содержащие промежуточные результаты вычислений;

Эти виды рабочих ячеек выделяются и в современных руководствах по программированию. Лавлейс предлагает при выполнении операции сложения её результат записывать на ту же колонку памяти, где до этого хранилось одно из слагаемых (делается для экономии памяти).

В **примечании E** Лавлейс уточняет и развивает соображения Л. Менабреа о возможности расчёта на аналитической машине функций вида:

$$Y = A + Bx, \quad Y = A + B \cos X.$$

Здесь Лавлейс формулирует:

*"Многие лица, недостаточно знакомые с математикой, считают, что роль машины сводится к получению результатов в цифровой форме, а природа самой обработки данных должна быть арифметической и аналитической. Это заблуждение. Машина может обрабатывать и объединять цифровые величины точно так, как если бы они были буквами или любыми другими символами общего характера, и фактически она может выдать результаты в алгебраической форме".*

В этом же примечании Лавлейс впервые вводит понятие цикла операций, а также понятие цикла циклов.

В **примечании F** содержится, в большей части, интересное замечание Лавлейс о возможностях Аналитической машины получать решение такой задачи, которую из-за трудностей вычислений практически невозможно решить вручную. Здесь машина

рассматривается не как устройство, заменяющее человека, а как устройство, способное выполнять работу, превышающую практические возможности человека.

В заключительном **примечании G** дана программа вычисления чисел Бернулли, в которой Лавлейс продемонстрировала возможность программирования на Аналитической машине. ([Рис. 3.3](#))

Ещё один важный пункт - программа Лавлейс требует минимального количества перфокарт и обеспечивает экономию памяти.

**Примечание G** интересно ещё и в другом отношении. Широкую известность получило высказанное Лавлейс мнение о принципиальных возможностях аналитической машины:

*«Аналитическая машина не претендует на то, чтобы создавать что-то действительно новое. Машина может выполнить всё то, что мы умеем ей предписать. Она может следовать анализу. Но она не может предугадать какие-либо аналитические зависимости или истины. Функции машины заключаются в том, чтобы помочь нам получить то, с чем мы уже знакомы».*

Историк Сэди Планта, биограф Лавлейс, дал очень точную характеристику труду Ады Лавлейс: «Она писала программы для виртуальной машины, для машины, которая должна была появиться в будущем». Действительно, в 1843 году машины не было, чертежи были фрагментарны, но из них 27-летняя женщина смогла сложить свой собственный образ вычислительной системы.

## 4. Историческая справедливость

Большое влияние на посмертную судьбу машин оказал генерал Бэббидж, сын изобретателя. Выйдя в отставку в 1874 году, он несколько лет посвятил изучению отцовского наследия, а в 1880 году начал работу по восстановлению Разностной машины. Работа продолжалась с переменным успехом до 1896 г. В конце концов, к 1904 году был создан небольшой фрагмент машины ([Рис. 4.1](#)), который печатал результаты вычислений. Кроме того, Бэббидж-младший сделал несколько мини-копий машины и разослал их по всему миру.

В 1991 году, к двухсотлетию со дня рождения ученого, сотрудники лондонского Музея науки воссоздали по его чертежам 2,6-тонную «Разностную машину № 2» ([Рис. 4.2](#)), а в 2000 году — еще и 3,5-тонный принтер Бэббиджа. Оба устройства, изготовленные по технологиям середины XIX века, превосходно работают — в расчётах Бэббиджа было найдено всего две ошибки.

Немалое значение для истории науки представляет вопрос: насколько точно и удачно Лавлейс реализовала свою идею составления машинной программы для решения сравнительно сложной задачи (вычисление чисел Бернулли). Проверить вручную подобную программу весьма затруднительно, желателен практический эксперимент на ЭВМ. Такой эксперимент был проведён в СССР в 1978 году на машине БЭСМ-6 в Дубне. Текст программы был закодирован на языке программирования Фортран, отладка программы выявила одну ошибку и одну опечатку. И это вполне понятно, так как написать подобную работу без проверки на компьютере и без ошибок невозможно.

В память об Аде Лавлейс язык программирования, разработанный в 1980 году, был назван АДА. Это один из наиболее мощных и универсальных алгоритмических языков.

День программиста отмечается 10 декабря в честь родившейся в этот день первой представительницы этой не слишком женской профессии.

## Заключение

Заслуги Чарльза Бэббиджа и его ученицы и помощницы Ады Лавлейс трудно переоценить.

Во-первых, это идея программного управления процессом вычислений.

Во-вторых, решение использовать перфокарты для ввода и вывода данных и для управления, а также для обмена и передачи чисел в самой машине.

В-третьих, применение способа изменения хода вычислений, получившего в дальнейшем название условного перехода.

В-четвертых, введение понятия циклов операций и рабочих ячеек.

В материалах Бэббиджа и комментариях Лавлейс намечены такие понятия, как подпрограмма и библиотека подпрограмм, модификация команд и индексный регистр, которые стали употребляться только в 50-х годах нашего века. Сам термин библиотека был впервые введен Бэббиджем, а термины рабочая ячейка и цикл предложила Ада Лавлейс ([Таблица 1.](#)).

В 1864 году Чарльз Бэббидж написал: *«Пройдёт, вероятно, полстолетия, прежде чем люди убедятся, что без тех средств, которые я оставляю после себя, нельзя будет обойтись»*. В своём предположении он ошибся на 30 лет. Только через 80 лет после этого высказывания была построена машина MARK-I, которую назвали «осуществлённой мечтой Бэббиджа». Архитектура MARK-I была очень схожа с архитектурой аналитической машины.

## Информационные источники

1. Babbage Difference Engine in Motion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.youtube.com/watch?v=jiRgdaknJCg>
2. Doron Swade. The difference engine: Charles Babbage and the quest to build the first computer. — ISBN 0-670-91020-1.
3. Sketch of The Analytical Engine Invented by Charles Babbage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fourmilab.ch/babbage/sketch.html>
4. Апокин И. А., Майстров Л. Е., Эдлин И. С. Чарльз Бэббидж (1791-1871). М.: Наука, 1981. - 130 с. (Серия «Научно-биографическая литература»).
5. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Чарльз Бэббидж (1792—1871). М.: Знание, 1973.-64 с.
6. Гутер Р.С., Полунов Ю. Л. От абака до компьютера. М.: Знание, 1975. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.proklondike.com/books/thobshee/guter\\_polunov\\_ot\\_abaka\\_do\\_komputera.html](http://www.proklondike.com/books/thobshee/guter_polunov_ot_abaka_do_komputera.html)
7. История персональных компьютеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://cpugarden.com/history/comp\\_history/](http://cpugarden.com/history/comp_history/)
8. Майстров Л. Е., Эдлин И. С. Ч. Бэббидж и его разностная машина // Наука и техника: (Вопросы истории и теории). Л., 1973, Вып.8. с.33-36.
9. Отрывки из жизни философа (Passages from the Life of Philosopher, 1864) – автобиография Ч. Бэббиджа.
10. Пер. с англ. К. Г. Батаев, ред. В. М. Курочкин. Знакомьтесь: компьютер = Understanding computers — М.: Мир, 1989. — 240 с. — (Знакомство с компьютером). — ISBN 5-03-001147-1.
11. Тридевятое царство, тридешатое государство, или как считали наши предки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/11814/>;
12. Уильям Гибсон, Брюс Стерлинг. Машина различий. / Перевод: М. Пчелинцев. «У-Фактория», 2002.

## **Приложение**





Рис. 1.1 Анна Изабелла Милбэнк



Рис. 1.2 Джордж Байрон в 1807 году. Портрет работы Сандерса



Рис. 1.3 Ада в возрасте 4 лет

1819 или 1820
Источник: « <i>Byron and his World</i> » Derek Parker («Байрон и его Мир» Дерек Паркер).
Автор: John Murray Publishers London ( Джон Мюррей Лондон)



Рис.1.4 Ада в возрасте 17 лет

1832
------

Источник: Lovelace-Buon Collection (Коллекция Лавлейс-Байрон)
---



Рис.1.5 Портрет А. Лавлейс

1836
Источник: Британская Государственная Галерея
Автор: Margaret Carpenter (Маргарет Карпентер) Ада в возрасте 25 лет



Рис. 1.6 Портрет А. Лавлейс

1840
Источник: Общественная картинная галерея
Автор: Alfred Edward Chalon (Альфред Эдвард Чалон)
Ада в возрасте 25 лет



Рис.1.7 Ада за игрой на музыкальном инструменте



Рис. 1.8 Семейный склеп Байронов, где похоронена Ада Лавлейс





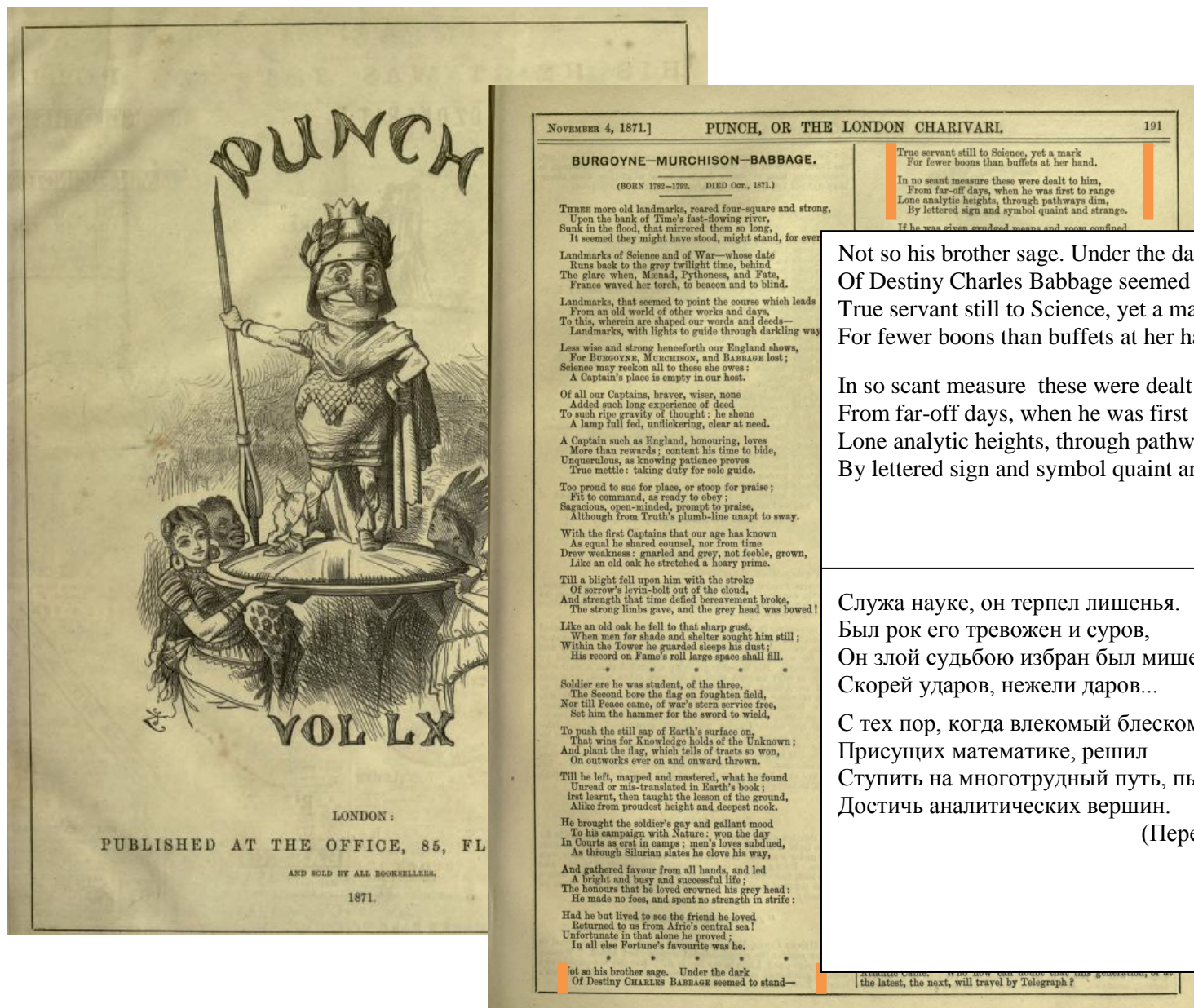
Рис. 2.1.1 Чарльз Бэббидж в молодости



Рис. 2.1.2 Портрет Чарльза Бэббиджа



Рис. 2.1.3 Фотография Чарльза Бэббиджа



LONDON :  
 PUBLISHED AT THE OFFICE, 85, FL  
 AND SOLD BY ALL BOOKSELLERS.  
 1871.

NOVEMBER 4, 1871.] PUNCH, OR THE LONDON CHARIVARI. 191

**BURGOYNE—MURCHISON—BABBAGE.**

(BORN 1782—1792. DIED Oct., 1871.)

THREE more old landmarks, reared four-square and strong,  
 Upon the bank of Time's fast-flowing river,  
 Sunk in the flood, that mirrored them so long,  
 It seemed they might have stood, might stand, for ever

Landmarks of Science and of War—whose date  
 Runs back to the grey twilight time, behind  
 The glare when, Mosad, Typhoos, and Fate,  
 France waved her torch, to beacon and to blind.

Landmarks, that seemed to point the course which leads  
 From an old world of other works and days,  
 To this, wherein are shaped our words and deeds—  
 Landmarks, with lights to guide through darkling way

Less wise and strong henceforth our England shows,  
 For BURGOYNE, MURCHISON, and BABBAGE lost;  
 Science may reckon all to these she owes:  
 A Captain's place is empty in our host.

Of all our Captains, braver, wiser, none  
 Added such long experience of deed  
 To such ripe gravity of thought: he shone  
 A lamp full fed, unlickering, clear at need.

A Captain such as England, honouring, loves  
 More than rewards; content his time to bide,  
 Unquerulous, as knowing patience proves  
 True mettle: taking duty for sole guide.

Too proud to sue for place, or stoop for praise;  
 Fit to command, as ready to obey  
 Sagacious, open-minded, prompt to praise,  
 Although from Truth's plumb-line unapt to sway.

With the first Captains that our age has known  
 As equal he shared counsel, nor from time  
 Drew weakness: gnarled and grey, not feeble, grown,  
 Like an old oak he stretched a hoary prime.

Till a blight fell upon him with the stroke  
 Of sorrow's levin-bolt out of the cloud,  
 And strength that time defied bereavement broke,  
 The strong limbs gave, and the grey head was bowed!

Like an old oak he fell to that sharp gust,  
 When men for shade and shelter sought him still;  
 Within the Tower he guarded sleeps his dust;  
 His record on Fame's roll large space shall fill.

Soldier ere he was student, of the three,  
 The Second bore the flag on foughten field,  
 Nor till Peace came, of war's stern service free,  
 Set him the hammer for the sword to wield,

To push the still sap of Earth's surface on,  
 That wins for Knowledge holds of the Unknown;  
 And plant the flag, which tells of tracts so won,  
 On outworks ever on and onward thrown.

Till he left, mapped and mastered, what he found  
 Unread or mis-translated in Earth's book;  
 First learnt, then taught the lesson of the ground,  
 Alike from proudest height and deepest nook.

He brought the soldier's gay and gallant mood  
 To his campaign with Nature: won the day  
 In Courts as erst in camps: men's loves subdued,  
 As through Silurian slates he clove his way,

And gathered favour from all hands, and led  
 A bright and busy and successful life;  
 The honours that he loved crowned his grey head:  
 He made no foes, and spent no strength in strife:

Had he but lived to see the friend he loved  
 Returned to us from Africa's central sea!  
 Unfortunate in that alone he proved;  
 In all else Fortune's favourite was he.

Not so his brother sage. Under the dark  
 Of Destiny CHARLES BABBAGE seemed to stand—

True servant still to Science, yet a mark  
 For fewer boons than buffets at her hand.

In no scant measure these were dealt to him,  
 From far-off days, when he was first to range  
 Lone analytic heights, through pathways dim,  
 By lettered sign and symbol quaint and strange.

If he was given scolded means and room confined

Not so his brother sage. Under the dark  
 Of Destiny Charles Babbage seemed to stand –  
 True servant still to Science, yet a mark  
 For fewer boons than buffets at her hand.

In so scant measure these were dealt to him,  
 From far-off days, when he was first to range  
 Lone analytic heights, through pathways dim,  
 By lettered sign and symbol quaint and strange.

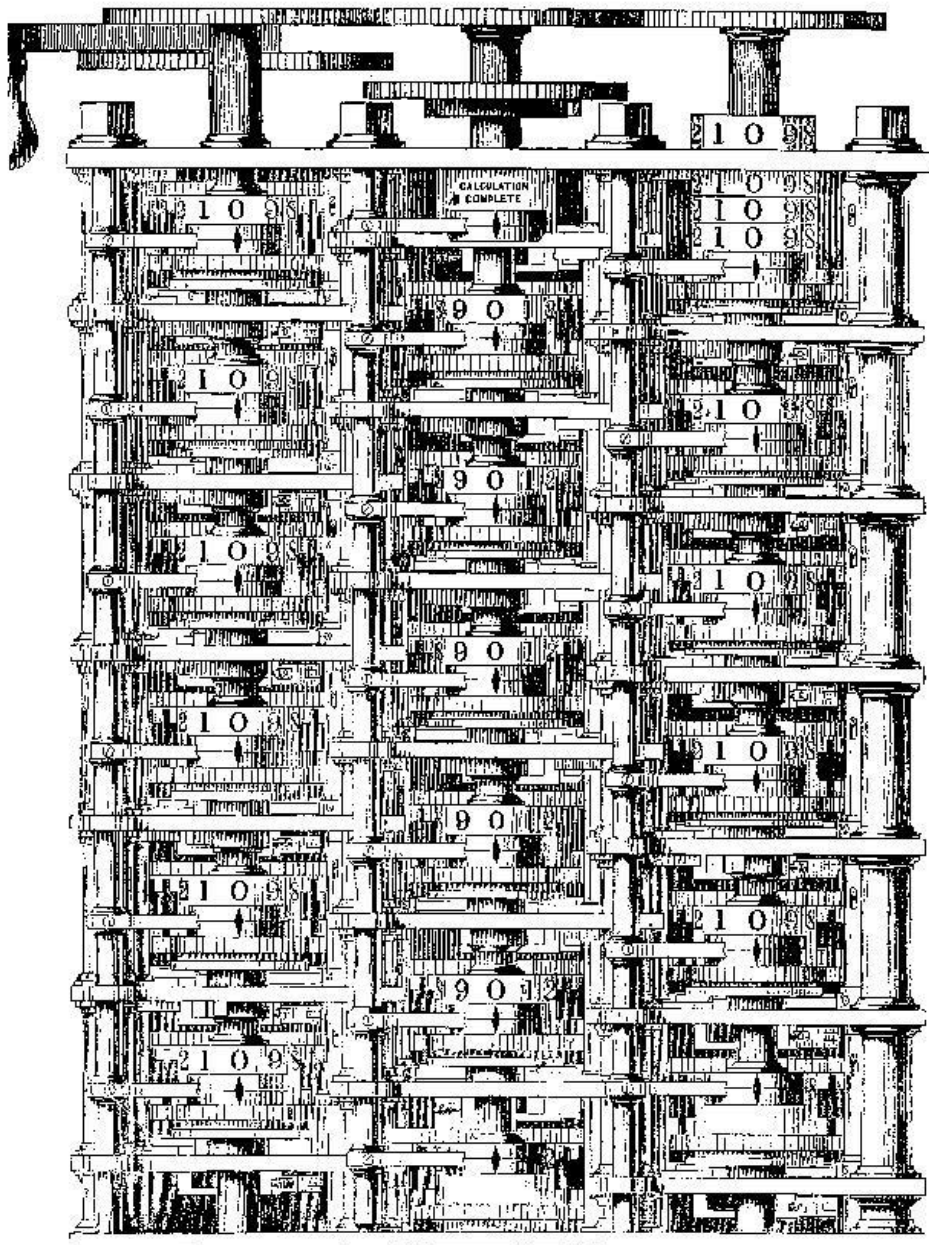
Служа науке, он терпел лишения.  
 Был рок его тревожен и суров,  
 Он злой судьбою избран был мишенью  
 Скорей ударов, нежели даров...

С тех пор, когда влекомый блеском тайнств,  
 Присущих математике, решил  
 Ступить на многотрудный путь, пытаюсь  
 Достичь аналитических вершин.

(Перевод И. Липкина.)

Рис. 2.1.4 Посвящение Ч. Бэббиджу. Журнал Punch, 4 ноября 1871 г. (стр.191)





*B. H. Babbage, del.*

Impression from a woodcut of a small portion of Mr. Babbage's Difference Engine No. 1, the property of Government, at present deposited in the Museum at South Kensington.

It was commenced 1823.  
 This portion put together 1833.  
 The construction abandoned 1842.  
 This plate was printed June, 1853.  
 This portion was in the Exhibition 1862.

Отпечаток с чертежа части Разностной машины мистера Бэббиджа, собственности правительства, находящейся в музее в Южном Кенсингтоне.  
 Сборка началась в 1823.  
 Эта часть была собрана в 1833.  
 Конструкция была окончена в 1842.  
 Это изображение было напечатано в июне 1853.  
 Эта часть была выставлена в 1862.

Рис. 2.2.1 Чертеж Разностной машины

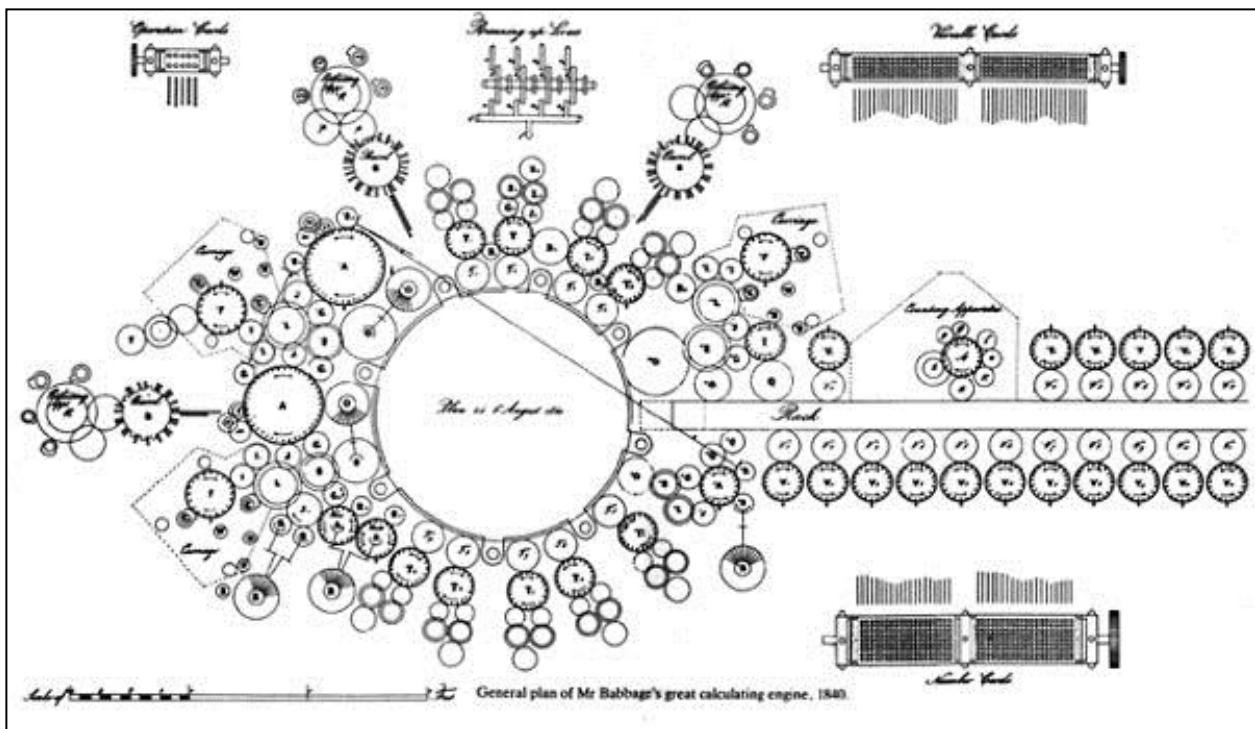
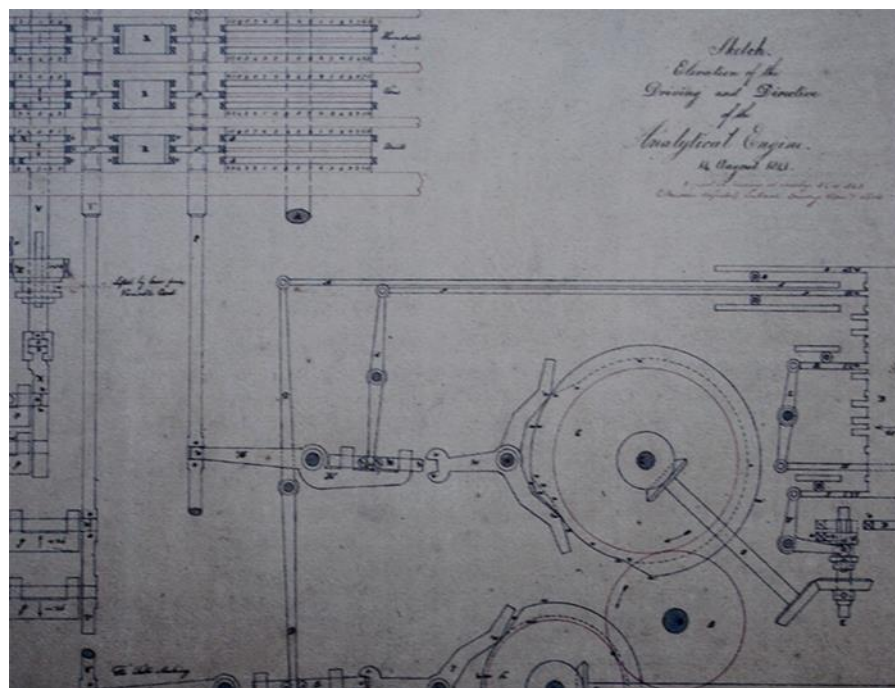


Рис 2.3.1 Чертеж Аналитической машины, 1840 г

1833

ulstein bild – NMSI / Science Museum



### Idee zum ersten Computer

#### Idea for the First Computer

Der englische Mathematiker Charles Babbage beginnt mit dem Bau einer vollautomatischen und programmgesteuerten Rechenmaschine, der ANALYTICAL ENGINE. Nach 30 Jahren bricht er den Bau ab. Die damalige Feinmechanik ist noch nicht präzise genug, um eine so komplexe Maschine im Zehnersystem zu bauen.

*The English mathematician Charles Babbage begins construction of a fully automatic and program-run calculating machine, the ANALYTICAL ENGINE. After 30 years of work he gives up. The level of precision engineering was inadequate for the construction of such a complex machine using the decimal system.*

Идея первого компьютера.

Английский математик Чарльз Бэббидж начал создание полностью автоматизированной и работающей по программе вычислительной машины, аналитической машины. После 30 лет работы он отказался от идеи постройки машины. Уровень точности конструирования был недостаточным для создания настолько сложной машины, использующей десятичную систему.

Рис 2.3.2 Экспонат из Национального музея науки и промышленности (National Museum of Science and Industry)



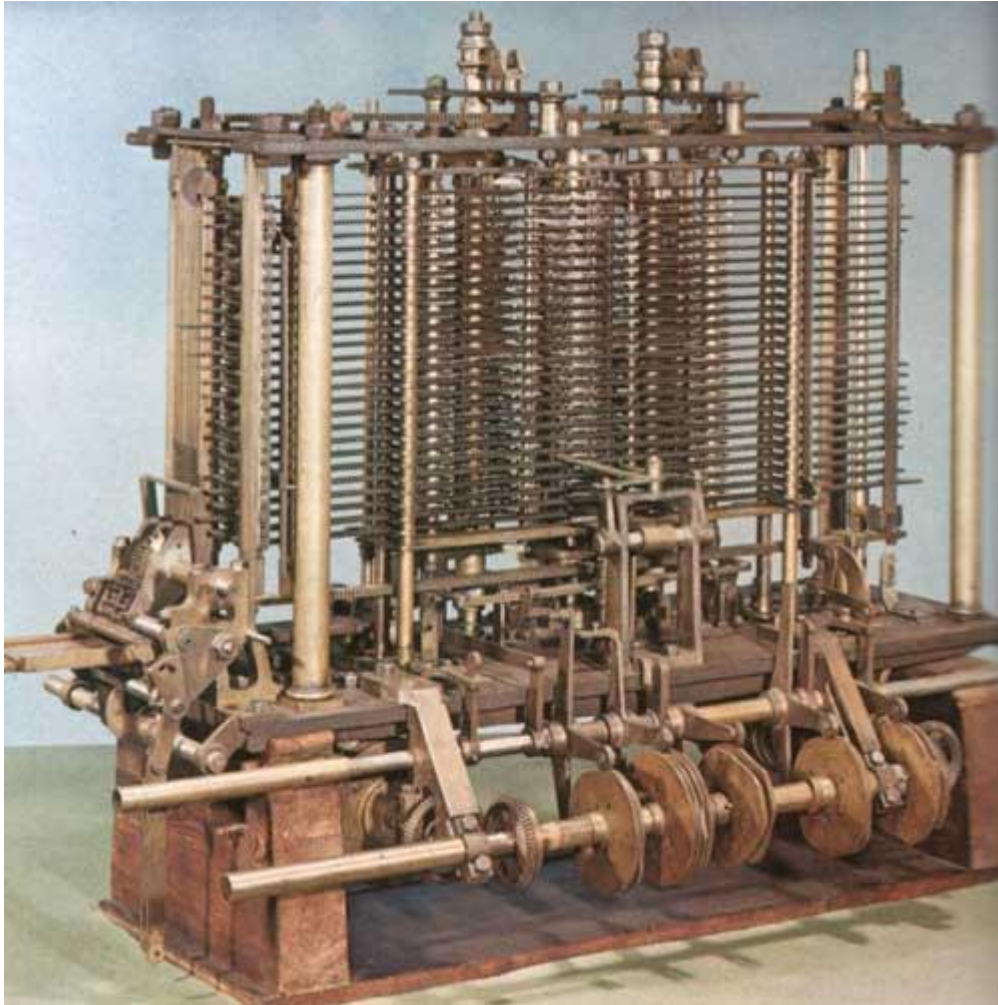


Рис. 2.3.3. Фрагмент Аналитической машины



Рис. 2.3.4 Управляющие карты для Аналитической машины

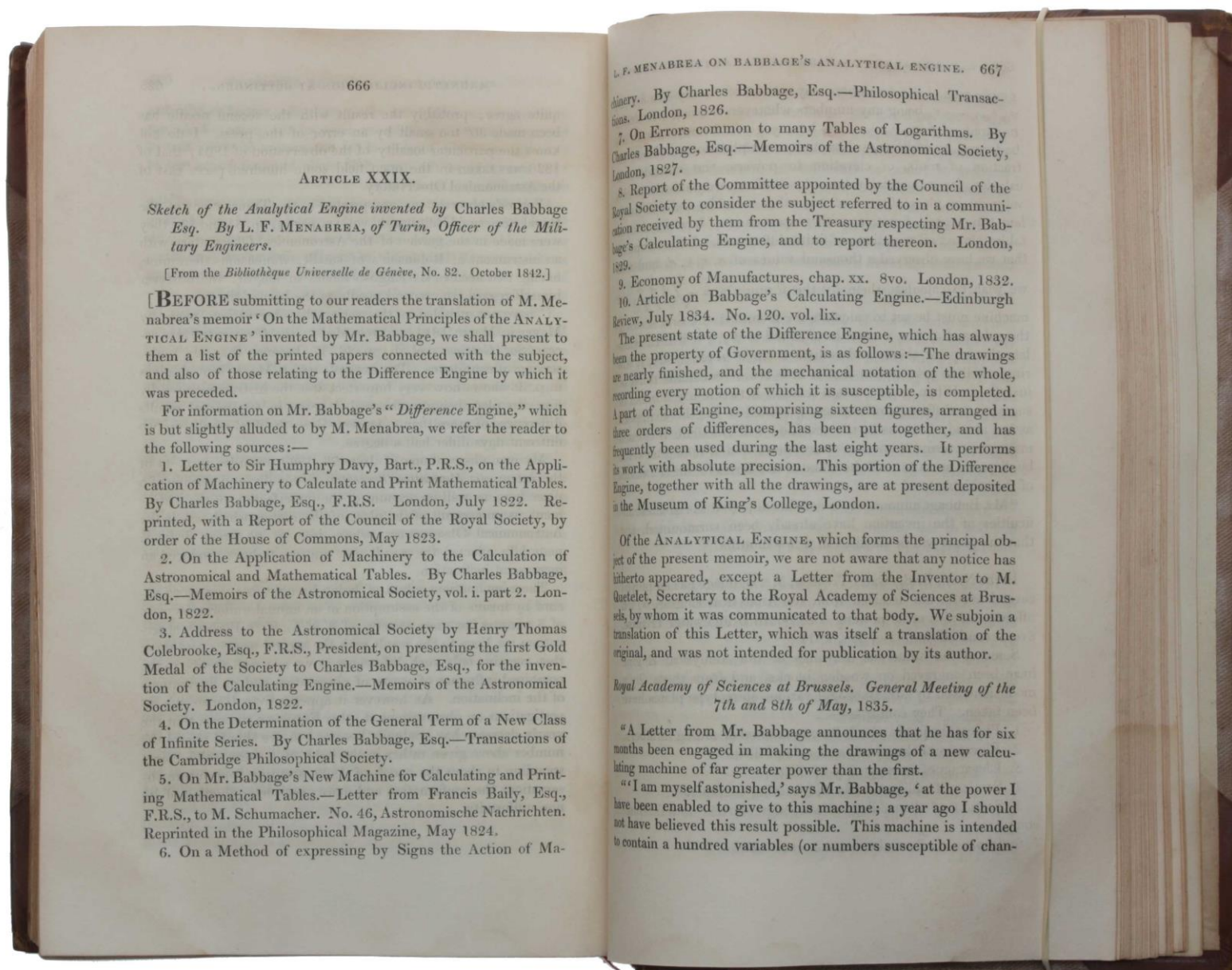


Рис. 3.1 Перевод статьи Л. Менабреа, выполненный А. Лавлейс

which the whole mass of its mechanism will assume is not yet finally determined.

We may conveniently represent the columns of discs on paper in a diagram like the following:—

$V_1, V_2, V_3, V_4$  &c. The  $V$ 's are for the purpose of convenient reference to any column, either in writing or speaking, and are consequently numbered. The reason why the letter  $V$  is chosen for this purpose in preference to any other letter, is because these columns are designated (as the reader will find in proceeding with the Memoir) the *Variables*, and sometimes the *Variable columns*, or the *columns of Variables*. The origin of this appellation is, that the values on the columns are destined to change, that is to *vary*, in every conceivable manner. But it is necessary to guard against the natural misapprehension that the columns are only intended to receive the values of the *variables* in an analytical formula, and not of the *constants*. The columns are called Variables on a ground wholly unconnected with the analytical distinction between constants and variables. In order to prevent the possibility of confusion, we have, both in the translation and in the notes, written Variable with a capital letter when we use the word to signify a *column of the engine*, and variable with a small letter when we mean the *variable of a formula*. Similarly, *Variable-cards* signify any cards that belong to a column of the engine.

To return to the explanation of the diagram: each circle at the top is intended to contain the algebraic sign  $+$  or  $-$ , either of which can be substituted\* for the other, according as the number represented on the column below is positive or negative. In a similar manner any other purely *symbolical* results of algebraical processes might be made to appear in these circles. In Note A. the practicability of developing *symbolical* with no less ease than *numerical* results has been touched on.

The zeros beneath the *symbolic* circles represent each of them a disc, supposed to have the digit 0 presented in front. Only four tiers of zeros have been figured in the diagram, but these may be considered as representing thirty or forty, or any number of tiers of discs that may be required. Since each disc can present any digit, and each circle any sign, the discs of every column may be so adjusted† as to express any positive or negative number whatever within the limits of the machine; which limits depend on the *perpendicular* extent of the mechanism, that is, on the number of discs to a column.

\* A fuller account of the manner in which the signs are regulated, is given in Mons. Menabrea's Memoir, pages 632, 633. He himself expresses doubts (in a note of his own at the bottom of the latter page) as to his having been likely to hit on the precise methods really adopted; his explanation being merely a conjectural one. That it *does* accord precisely with the fact is a remarkable circumstance, and affords a convincing proof how completely Mons. Menabrea has been imbued with the true spirit of the invention. Indeed the whole of the above Memoir is a striking production, when we consider that Mons. Menabrea had had but very slight means for obtaining any adequate ideas respecting the Analytical Engine. It requires however a considerable acquaintance with the abstruse and complicated nature of such a subject, in order fully to appreciate the penetration of the writer who could take so just and comprehensive a view of it upon such limited opportunity.

† This adjustment is done by hand merely.

Each of the squares below the zeros is intended for the inscription of any *general* symbol or combination of symbols we please; it being understood that the number represented on the column immediately above, is the numerical value of that symbol, or combination of symbols. Let us, for instance, represent the three quantities  $a, n, x$ , and let us further suppose that  $a=5, n=7, x=98$ . We should have—

$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$ &c.
+	+	+	+
0	0	0	0
0	0	0	0 &c.
0	0	9	0
5	7	8	0 &c.
$a$	$n$	$x$	

We may now combine these symbols in a variety of ways, so as to form any required function or functions of them, and we may then inscribe each such function below brackets, every bracket uniting together those quantities (and those only) which enter into the function inscribed below it. We must also, when we have decided on the particular function whose numerical value we desire to calculate, assign another column to the right-hand for receiving the *results*, and must inscribe the function in the square below this column. In the above instance we might have any one of the following functions:—

$$ax^n, x^n, a \cdot n \cdot x, \frac{a}{n}x, a+n+x, \&c. \&c.$$

Let us select the first. It would stand as follows, previous to calculation:—

$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$ &c.
+	+	+	+
0	0	0	0 &c.
0	0	0	0
0	0	9	0
5	7	8	0 &c.
$a$	$n$	$x$	$ax^n$ &c.

$\underbrace{\hspace{10em}}_{ax^n}$

The data being given, we must now put into the engine the cards proper for directing the operations in the case of the particular function chosen. These operations would in this instance be,—

Firstly, six multiplications in order to get  $x^n$  ( $= 98^7$  for the above particular data).

Secondly, one multiplication in order then to get  $a \cdot x^n$  ( $= 5 \cdot 98^7$ ).

In all, seven multiplications to complete the whole process. We may thus represent them:—

$$(\times, \times, \times, \times, \times, \times), \text{ or } 7(\times).$$

The multiplications would, however, at successive stages in the solution of the problem, operate on pairs of numbers, derived from *different* columns. In other words, the *same operation* would be performed

\* It is convenient to omit the circles whenever the signs  $+$  or  $-$  can be actually represented.

Рис. 3.2 Примечания Ады Лавлейс к статье Л. Менабреа

highly important for some of the future wants of science in its manifold, complicated and rapidly-developing fields of inquiry, to arrive at.

Without, however, stepping into the region of conjecture, we will mention a particular problem which occurs to us at this moment as being an apt illustration of the use to which such an engine may be turned for determining that which human brains find it difficult or impossible to work out unerringly. In the solution of the famous problem of the Three Bodies, there are, out of about 295 coefficients of lunar perturbations given by M. Clausen (Astro. Nachrichten, No. 406) as the result of the calculations by Burg, of two by Damoiseau, and of one by Burekhardt, fourteen coefficients that differ in the nature of their algebraic sign; and out of the remainder there are only 101 (or about one-third) that agree precisely both in signs and in amount. These discordances, which are generally small in individual magnitude, may arise either from an erroneous determination of the abstract coefficients in the development of the problem, or from discrepancies in the data deduced from observation, or from both causes combined. The former is the most ordinary source of error in astronomical computations, and this the engine would entirely obviate.

We might even invent laws for series or formulæ in an arbitrary manner, and set the engine to work upon them, and thus deduce numerical results which we might not otherwise have thought of obtaining. But this would hardly perhaps in any instance be productive of any great practical utility, or calculated to rank higher than as a kind of philosophical amusement.

A. A. L.

NOTE G.—Page 689.

It is desirable to guard against the possibility of exaggerated ideas that might arise as to the powers of the Analytical Engine. In considering any new subject, there is frequently a tendency, first, to overrate what we find to be already interesting or remarkable; and, secondly, by a sort of natural reaction, to undervalue the true state of the case, when we do discover that our notions have surpassed those that were really tenable.

The Analytical Engine has no pretensions whatever to originate any thing. It can do whatever we know how to order it to perform. It can follow analysis; but it has no power of anticipating any analytical relations or truths. Its province is to assist us in making available what we are already acquainted with. This it is calculated to effect primarily and chiefly of course, through its executive faculties; but it is likely to exert an indirect and reciprocal influence on science itself in another manner. For, in so distributing and combining the truths and the formulæ of analysis, that they may become most easily and rapidly amenable to the mechanical combinations of the engine, the relations and the nature of many subjects in that science are necessarily thrown into new lights, and more profoundly investigated. This is a decidedly indirect, and a somewhat speculative, consequence of such an invention. It is however pretty evident, on general principles, that in devising for mathematical truths a new form in which to record and throw themselves out for actual use, views are likely to be induced, which should again react on the more theoretical phase of the subject. There are in all extensions of human power, or additions to human

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 722 et seq.)

Number of Operation.	Nature of Operation.	Variable acted upon.	Variables receiving results.	Indication of change in the value on any Variable.	Statement of Results.	Data.										Working Variables.										Result Variables.			
						$1V_1$	$1V_2$	$1V_3$	$0V_4$	$0V_5$	$0V_6$	$0V_7$	$0V_8$	$0V_9$	$0V_{10}$	$0V_{11}$	$0V_{12}$	$0V_{13}$	$0V_{14}$	$0V_{15}$	$0V_{16}$	$0V_{17}$	$0V_{18}$	$0V_{19}$	$0V_{20}$	$0V_{21}$	$0V_{22}$	$0V_{23}$	$0V_{24}$
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	$\times 1V_2 \times 1V_3$	$1V_2, 1V_3, 1V_4$	$1V_2 = 1V_2$ $1V_3 = 1V_3$ $1V_4 = 1V_2 \times 1V_3$	$= 2n$	2	n	2n	2n	2n																				
2	$- 1V_4 - 1V_5$	$1V_4, 1V_5$	$1V_4 = 1V_4$ $1V_5 = 1V_4 - 1V_5$	$= 2n - 1$	1				2n - 1																				
3	$+ 1V_6 + 1V_7$	$1V_6, 1V_7$	$1V_6 = 1V_6$ $1V_7 = 1V_6 + 1V_7$	$= 2n + 1$	1																								
4	$+ 1V_8 + 1V_9$	$1V_8, 1V_9$	$1V_8 = 1V_8$ $1V_9 = 1V_8 + 1V_9$	$= 2n + 1$					0	0																			
5	$+ 1V_{11} + 1V_{12}$	$1V_{11}, 1V_{12}$	$1V_{11} = 1V_{11}$ $1V_{12} = 1V_{11} + 1V_{12}$	$= 1 \cdot \frac{2n-1}{2}$	2																								
6	$- 1V_{13} - 1V_{14}$	$1V_{13}, 1V_{14}$	$1V_{13} = 1V_{13}$ $1V_{14} = 1V_{13} - 1V_{14}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} = A_0$																									
7	$- 1V_5 - 1V_6$	$1V_5, 1V_6$	$1V_5 = 1V_5$ $1V_6 = 1V_5 - 1V_6$	$= n - 1 (= 3)$	1	n																							
8	$+ 1V_2 + 1V_7$	$1V_2, 1V_7$	$1V_2 = 1V_2$ $1V_7 = 1V_2 + 1V_7$	$= 2 + 0 = 2$	2																								
9	$+ 1V_8 + 1V_9$	$1V_8, 1V_9$	$1V_8 = 1V_8$ $1V_9 = 1V_8 + 1V_9$	$= \frac{2n}{2} = A_1$																									
10	$\times 1V_{11} \times 1V_{12}$	$1V_{11}, 1V_{12}$	$1V_{11} = 1V_{11}$ $1V_{12} = 1V_{11} \times 1V_{12}$	$= B_1 \cdot \frac{2n}{2} = B_1 A_1$																									
11	$+ 1V_{13} + 1V_{14}$	$1V_{13}, 1V_{14}$	$1V_{13} = 1V_{13}$ $1V_{14} = 1V_{13} + 1V_{14}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} + B_1 \cdot \frac{2n}{2}$																									
12	$- 1V_{10} - 1V_1$	$1V_{10}, 1V_1$	$1V_{10} = 1V_{10}$ $1V_1 = 1V_{10} - 1V_1$	$= n - 2 (= 2)$	1																								
13	$- 1V_4 - 1V_5$	$1V_4, 1V_5$	$1V_4 = 1V_4$ $1V_5 = 1V_4 - 1V_5$	$= 2n - 1$	1																								
14	$+ 1V_1 + 1V_7$	$1V_1, 1V_7$	$1V_1 = 1V_1$ $1V_7 = 1V_1 + 1V_7$	$= 2 + 1 = 3$	1																								
15	$+ 1V_8 + 1V_9$	$1V_8, 1V_9$	$1V_8 = 1V_8$ $1V_9 = 1V_8 + 1V_9$	$= \frac{2n-1}{3}$																									
16	$\times 1V_6 \times 1V_{11}$	$1V_6, 1V_{11}$	$1V_6 = 1V_6$ $1V_{11} = 1V_6 \times 1V_{11}$	$= \frac{2n-2n-1}{3}$																									
17	$- 1V_4 - 1V_5$	$1V_4, 1V_5$	$1V_4 = 1V_4$ $1V_5 = 1V_4 - 1V_5$	$= 2n - 2$	1																								
18	$+ 1V_1 + 1V_7$	$1V_1, 1V_7$	$1V_1 = 1V_1$ $1V_7 = 1V_1 + 1V_7$	$= 3 + 1 = 4$	1																								
19	$+ 1V_8 + 1V_9$	$1V_8, 1V_9$	$1V_8 = 1V_8$ $1V_9 = 1V_8 + 1V_9$	$= \frac{2n-2}{4}$																									
20	$\times 1V_6 \times 1V_{11}$	$1V_6, 1V_{11}$	$1V_6 = 1V_6$ $1V_{11} = 1V_6 \times 1V_{11}$	$= \frac{2n-2n-1}{3} = A_3$																									
21	$\times 1V_{13} \times 1V_{14}$	$1V_{13}, 1V_{14}$	$1V_{13} = 1V_{13}$ $1V_{14} = 1V_{13} \times 1V_{14}$	$= B_1 \cdot \frac{2n-2n-1}{3} = B_1 A_3$																									
22	$+ 1V_{13} + 1V_{14}$	$1V_{13}, 1V_{14}$	$1V_{13} = 1V_{13}$ $1V_{14} = 1V_{13} + 1V_{14}$	$= A_3 + B_1 A_1 + B_1 A_3$																									
23	$- 1V_{10} - 1V_1$	$1V_{10}, 1V_1$	$1V_{10} = 1V_{10}$ $1V_1 = 1V_{10} - 1V_1$	$= n - 3 (= 1)$	1																								
Here follows a repetition of Operations thirteen to twenty-three.																													
24	$+ 1V_{13} + 1V_{14}$	$1V_{13}, 1V_{14}$	$1V_{13} = 1V_{13}$ $1V_{14} = 1V_{13} + 1V_{14}$	$= B_2$																									
25	$+ 1V_1 + 1V_7$	$1V_1, 1V_7$	$1V_1 = 1V_1$ $1V_7 = 1V_1 + 1V_7$	$= n + 1 = 4 + 1 = 5$	1	n + 1																							

Рис. 3.3 Алгоритм вычисления чисел Бернулли, приведенный в Примечании G к статье Л. Менабреа



Рис. 4.1 Часть Разностной машины Чарльза Бэббиджа, собранная после смерти учёного его сыном из деталей, найденных в лаборатории отца.

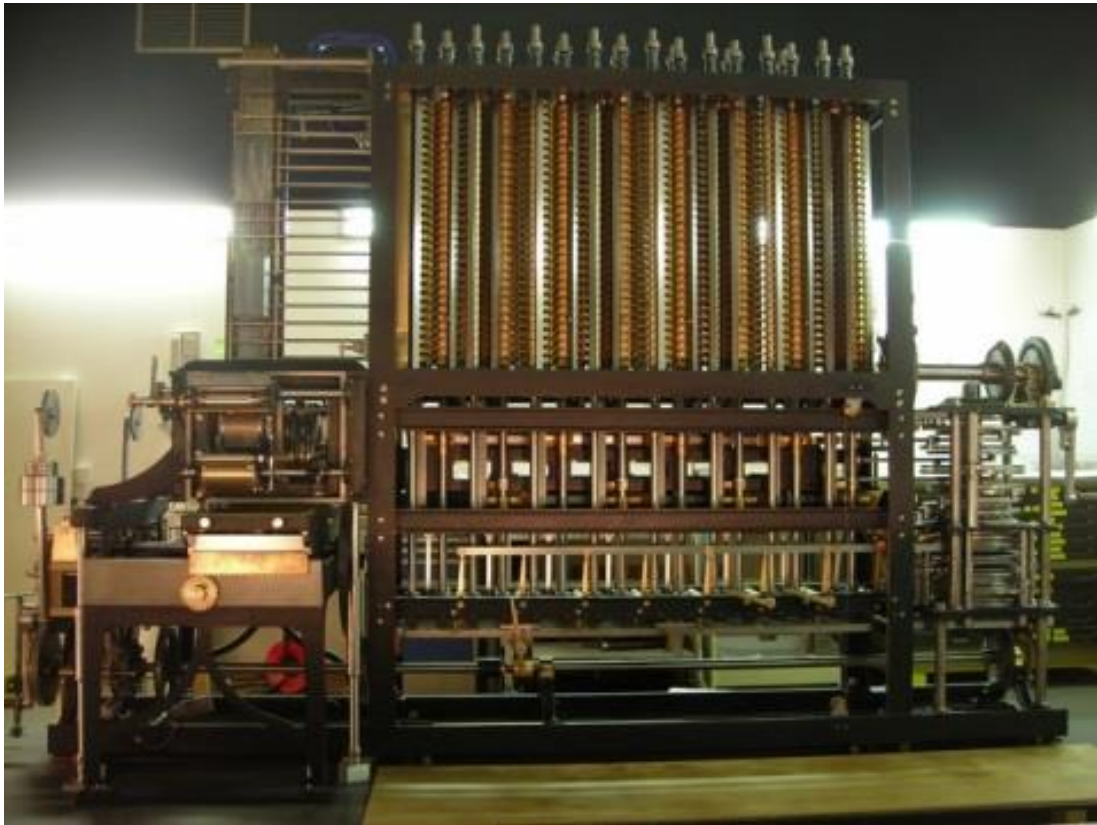


Рис.4.2 Разностная машина №2, воссозданная по чертежам Чарльза Бэббиджа

	<b>Назначение</b>	<b>Машины Бэббиджа</b>	<b>Современные ЭВМ</b>
<b>Конструкция</b>	Арифметические действия над числами	Мельница	Арифметическое устройство
	Хранение чисел	Склад	Память, накопитель
	Вывод данных	Печать на принтере, пробивка на перфокартах, изготовление стереотипного отпечатка	Вывод на экран монитора, на принтер, плоттер
	Способ изменения хода вычислений	Условный переход	Ветвление в языках программирования
<b>Программирование</b>	Цикл	Цикл работы машины	Циклы в языках программирования
	Ячейка памяти	Рабочая переменная	Рабочая ячейка
	Структуризация программы с целью удобства её понимания и сопровождения	Подпрограмма, библиотека подпрограмм	Функции, процедуры, методы, динамические библиотеки

Таблица 1.