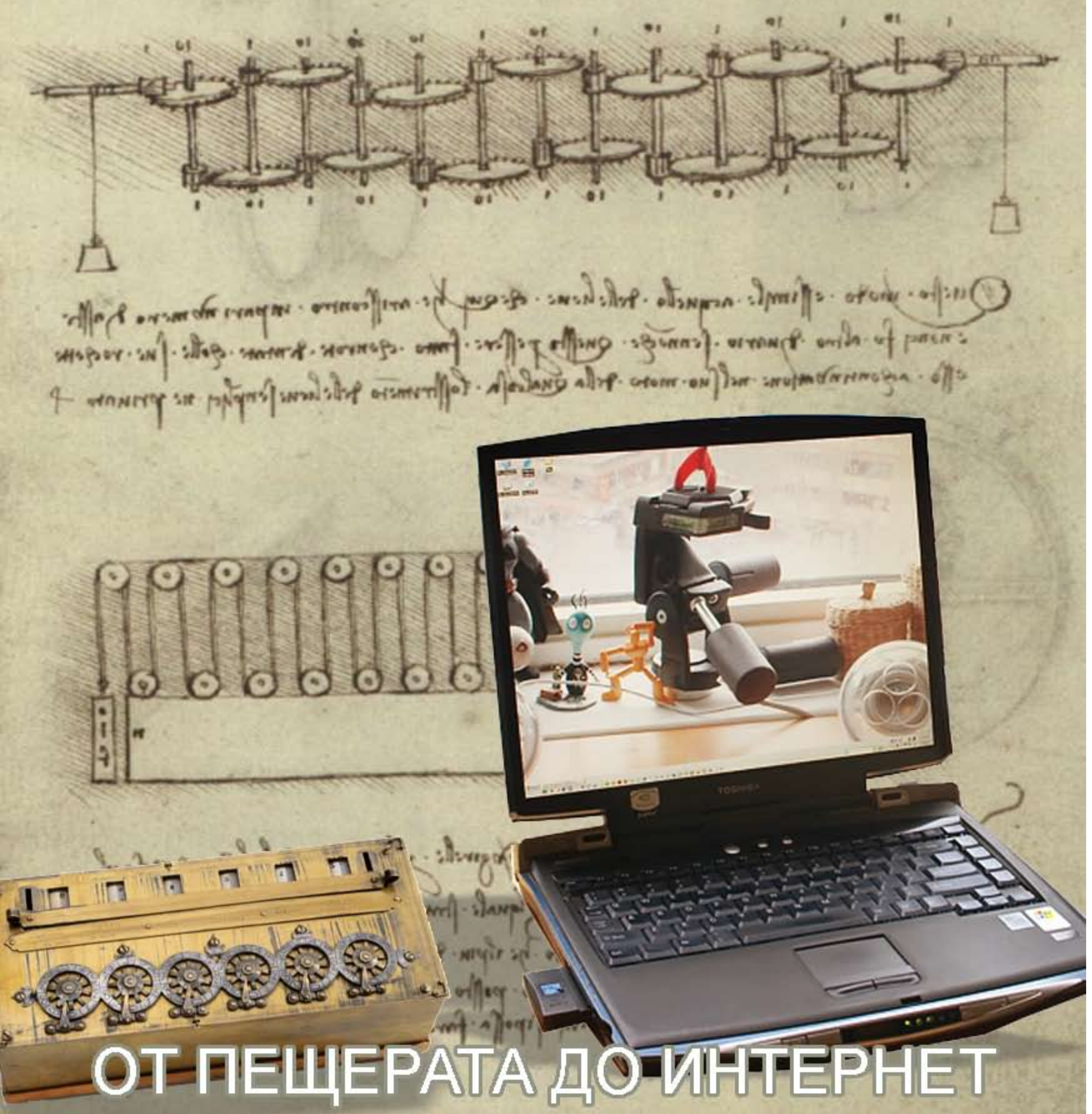
Георги Далаков



ОТ ПЕЩЕРАТА ДО ИНТЕРНЕТ

КОМПЮТЪРЪТ

Георги Далаков

КОМПЮТЪРЪТ: От пещерата до Интернет

1. Авантитул

Typus Arithmeticæ (видовете аритметика), гравюра от енциклопедията Margarita Philosophica на Грегор Райш (1467-1525), изд. 1503 год. във Фрайбург, Германия

КОМПЮТЪРЪТ
От пещерата до Интернет

Георги Далаков

На веселото момченце Борко,
една усмивка от муцунката на което
струва поне колкото един милион такива книги.

Георги Далаков, графичен дизайн и предпечат
e-mail: dalakov@mail.bg, dalakov@abv.bg

Предговор

„Ще трябва да пробвам дали все още зная
всички онези неща, които знаех преди.
Чакай сега да видим: 4 по 5 прави 12,
а 4 по 6 — 13, а 4 по 7 е — о, Боже,
така никога няма да стигна до 20!"
Алиса от "Алиса в страната на чудесата"
от Луис Карол

Уважаеми читателю,

в ръцете си държите книга, която преследва една твърде амбициозна цел — да разкаже защо и как бе създадена машината, която ще промени света.

Това чудно човешко творение, която ние наричаме компютър, за разлика от повечето машини, не е създадено в резултат на гениалното хрумване на нечий светъл ум. Стотици (а може би и хиляди) са хората, които малко или много са добавили нещо към огромната камара знания, необходими за да се произведе и оживи един съвременен компютър. Между тях има както всепризнати гении на човечеството като Леонардо да Винчи, Блез Паскал, Готфрид Лайбниц, Джон фон Нойман, така и никому неизвестни скромни любители-механици, часовникари, свещеник, лекар и др.

Тази книга, чието повествование започва от периода преди 30 хиляди години, проследява как се ражда и развива потребността на човека от броене, кои са първите негови помагала в тази трудна и абстрактна дейност, как са били изобретени първите механични сметачни машини, техният разцвет и залез, краткия живот на електромеханичните компютри, както и раждането на електронните цифрови компютри и Интернет.

Само до преди няколко десетилетия компютрите бяха просто усъвършенствани калкулатори. Постепенно обаче започнаха да се сдобиват с по-големи възможности и ние — хората, започнахме да им поверяваме не само събирането и обработката на всякакъв вид информация, но и управлението на машини и жизнено важни за нас системи, измислихме за тях понятието

„изкуствен интелект“. Непрекъснато *поумняващите* машини вече могат и да общуват помежду си чрез локалните и глобалните мрежи, засега все още само по строго контролирани от нас правила, наречени протоколи.

Ние обаче сме едва в началото на един дълъг процес, който според мен ще има голямо влияние върху бъдещето на цялото човечество. Свързването на компютрите в една глобална мрежа ще има за технологиите огромен ефект, подобен на ефекта на свързването на хората в групи, племена и народи за човечеството. Именно превръщането на човека от индивидуално в социално същество го прави господар на планетата Земя, до какво обаче ще доведе превръщането на умните машини-компютрите от индивидуални в групови технологични продукти, можем само да гадаем. Засега човекът успява да държи под контрол развитието им, но докога ще бъде така? И какво ни очаква, ако някога загубим контрола върху тях? Страховити изкуствени интелекти като във филма *Матрицата*? Или приятелски настроени (а защо не безразлични?) към своите създатели същества, с които мирно и тихо да си сътрудничим и живеем в една или повече паралелно съществуващи във времето или пространството вселени?

Понякога е по-лесно да надникнем в бъдещето, като си припомним миналото. Нека и ние сторим така…

Глава I

Човекът се учи да брои

„Първобитният човек никога
не се е чувствал самотен,
просто защото не е можел да брои!”
Станислав Йежи Лец (1909 —1966)
полски писател

Можете ли да си представите какъв би бил днес животът на планетата Земя, ако едно от многобройните живеещи на нея същества, в един далечен момент, преди десетки хиляди години, не започва да свива и отваря пръстите на ръката си, мъчейки се да преброи хората от групата си, камъните пред пещерата, в която живее, или убитите след успешен лов животни? Какво би останало от онзи вечен стремеж на това същество — човекът, да си обяснява, описва, опростява, подрежда и предвижда нещата от живота, ако не може да сложи в ред мислите си, преобразувайки количеството на предметите в съответни мисловни понятия, думи? Не е възможно да се определи кога точно се е случило това знаменателно събитие, но можем да бъдем сигурни, че оттогава са минали поне 30000 години. Когато по-късно (вероятно през десетото хилядолетие пр. Хр.) древният човек е започнал да формира племенни групи, да води уседнал начин на живот, да се занимава със земеделие и животновъдство, нуждата от усъвършенствана система за броене е станала очевидна. На определени благоприятни за живот места — Месопотамия, Китай, Индия, Средиземноморието, делтата на Нил, долното течение на Дунав и Тракийската низина се установява постоянно население, поставя се началото на първите древни цивилизации, човекът започва да произвежда повече, отколкото може да консумира. Постепенно се появява нужда от администриране на развиващия се икономически живот, земеделието, размяната на стоки—търговията, а може ли да има търговия без сметки? Едва ли можем да се съмняваме и във факта, че като пръв инструмент за броене на човека са служили пръстите на ръцете и краката, неслучайно дори в някои съвременни езици все още се използва една и съща дума за “пръст”

Фиг. 1
Костта *Ишанго*, от около 30000 г. пр. Хр.

и “цифра”.

Най-старият запазен до днес артефакт, свидетелстващ за способностите на нашите предци да броят, е откритата в една пещера в планините Лебомбо в южна Африка, кост от бабун (фиг. 1), с издълбани върху нея 29 резки, от периода около 30000 год. пр. Хр. Това е времето, когато територията на Европа е обитавана от т. нар. *кроманьонци*[1]. През 1937 год. в Чехословакия е открита челюстна кост от вълк на възраст над 20000 години, върху която са нанесени 55 резки в 11 групи по пет, очевидно това е опит за броене. Не е трудно да предположим, че използването от много древни народи на бройни системи изцяло или частично базирани на пет, вероятно се дължи не само на факта, че това е броя на пръстите на едната ръка, но и на това, че максималният брой предмети, която може лесно с един поглед да бъде разпознат от човешкото съзнание е именно пет (или дори четири).

Този тип елементарни системи за броене се наричат унарни (еднознакови) и с тях могат лесно да се извършват само двете най-елементарни аритметични действия — събиране и изваждане, но не и по-сложните — умножение и деление. По-късно този тип системи са били усъвършенствани и стоят в основата на адитивните бройни системи, използвани в древните цивилизации на Шумер и Египет. Голяма крачка напред представлява изобретяването на бройна система от позиционен тип от вавилонците, защото принципът на тези системи стои в основата на най-широко използваната днес десетична бройна система.

При позиционния тип бройни системи използваните цифри имат една или друга стойност в зависимост от мястото си в числовия запис. Нека разгледаме например десетичното число 555. Най-дясната петица добавя пет единици към числото, средната петица — 50, а лявата — 500.

Различен е принципът за образуване на числата при адитивните бройни системи, при чистия вариант на които се взима предвид стойността на цифрите, но не и позицията им в числото. Например споменатото по-горе десетично число 555 в римски цифри би изглеждало така — DLV (D е знак за 500, L — за 50, V — за пет), като крайната стойност на числото се получава чрез просто събиране на стойностите на трите съставящи го цифри.

1 Получили съвременното си название от името на пещерата *Cro-Magnon* в Южна Франция, в която през 1868 год. са открити скелети от този древен човек — бел. авт.

Използването на човешките пръсти за броене е в основата на множеството бройни системи, базирани на числа, кратни на броя на човешките пръсти — 5, 10, 15, 20, 60. Различни народи и по различно време са използвали и бройни системи, изцяло или частично базирани на 2, 4, 13, дори и на 18. Лингвистичните изследвания на множество съвременни езици и диалекти показват останки от двадесетичната система. В няколко съвременни европейски езика, повлияни от келтския, като френски, ирландски, шотландски, уелски и др. има останки от двадесетична система със събиране при целите десетки. На френски език например за числото 80 се използва словосъчетанието *quatre-vingt* (четири-двадесет), а за 90 — *quatre-vingt-dix* (четири-двадесет-десет). Подобни останки се срещат и в други езици като езика на баските, датския език, някои кавказки езици.

Когато се е налагало да се броят по-големи числа, пръстите са били недостатъчни и тогава са се използвали всякакви лесно достъпни предмети, а какво по-достъпно за древния човек от едно камъче. От латинската дума *calculus* (гладко морско или речно камъче) са произлезли използваните в няколко съвременни езика думи за *изчислявам, пресмятам,* а оттам и *калкулатор*. С латински произход е и думата *компютър*, дошла от английската дума *compute* (изчислявам), която произхожда от латинското *computo* (изчислявам).

Най-важната стъпка в разбирането на човека за цифрите и числата е преминаването от относително простата способност да се броят предмети, към разбирането за числата като абстрактни понятия. Древните хора очевидно са можели да направят разлика между две дървета и пет дървета, но едва ли е било лесно за тях да направят следващото по-абстрактно действие — имайки пред себе си пет дървета и пет камъка, да направят количествена логическа връзка между двете групи и да отделят първо мисловно понятието за количество от това за предмета, а след това да измислят думи за означаване на количеството[1].

Интересен паралел може да бъде направен между еволюцията на човешкия род и развитието на едно съвременно дете. Веднага след раждането си малкият човек започва да се учи, постепенно разбира разликата между един, два и повече обекти, може да оцени разликата в количествата на две съседни групи обекти, визуално и интуитивно може да разпознае с един поглед броя на група обекти, ако не надвишава четири. До тригодишна възраст обаче детето в никакъв случай не може да отдели понятието за брой от това за обектите, за които се отнася. В неговото мозъче например понятието *две ябълки* е нещо цяло и неделимо, нямащо нищо общо

1 За съвременния човек това може да изглежда елементарно, но искам да припомня, че приеманата и досега дефиниция за „числото като абстрактно отношение на една величина към друга“ е направена от Нютон едва в началото на XVIII век, много хилядолетия след разглеждания от нас период — бел. авт.

Фиг. 2
Глинена плочка от шумерския град Урук, датирана около 3000 г. пр. Хр.

с понятието *две чаши*. Едва когато детето успее да направи първата си абстракция и да оформи в съзнанието си понятия за *едно, две* и т. н. (а това според психолозите става между третата и четвъртата му година), то се научава правилно да брои, помагайки си с пръстчета и поема дългия си път в изучаването на все по-абстрактните човешки науки.

Вероятно преди около 7000 години човешката цивилизация е достигнала такова ниво на развитие, при което елементарните аритметични действия, които е можело да бъдат извършвани с еднознаковите бройни системи, вече са били недостатъчни и човекът е започнал да мисли и да търси начини за тяхното усъвършенстване.

В следващият хронологичен обзор са разгледани използваните през последните шест хиляди години от човечеството бройни системи.

1.1. Шумер

Шумерите са се заселили в долното течение на реките Тигър и Ефрат (т. нар. *Месопотамия*[1]) в началото на петото хилядолетие пр. Хр. и в средата на четвъртото хилядолетие пр. Хр. вече са развили най-древната от известните ни днес цивилизации. Най-старите запазени до наше време писмени знаци на шумерите са глинени плочки, създадени около 3300 г. пр. Хр. По това време те не само вече са разполагали с писменост, но и са построили първите си градове, развили са различни изкуства и занаяти, издигнали са монументални храмове и дворци, имали са развито земеделие, закони, водили са оживена търговия със съседните народи, поддържали са дори пощенска служба.

В началния етап на своята цивилизация шумерите са използвали пиктографско (рисунково) писмо, нанасяйки знаците с помощта на тръстикова пръчка върху мека глина, която после е била изпичана на слънце и по този начин не е имала никакъв проблем да издържи някакви си пет-шест хиляди години до наше време (фиг. 2). Постепенно обаче шумерската писменост

1 Съвременното название идва от гръцките думи μέσος (между, в средата) и ποταμός (река) — б. а.

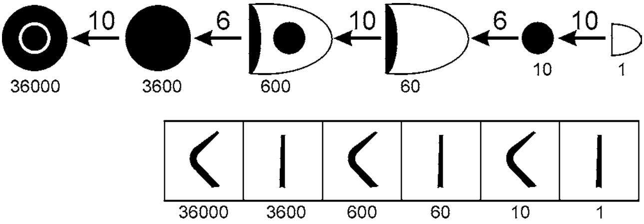
се е усъвършенствала и преобразувала в клиновидно писмо.

Шумерите са имали познания по астрономия, използвали са сравнително точен календар. Те вероятно са създали първите превозни средства с колела. През по-голямата част от съществуването си шумерската цивилизация се е състояла от множество градове-държави, които са търгували, но и воювали помежду си. Необходимостта от администрация на развитото им земеделие, разчитащо на сложна напоителна система — канали, диги, бентове, както и на търговията, занаятите и строителството са били немислими без съществуването на ефективна система за изчисление.

Първоначално шумерите са използвали елементарна адитивна числова система, като за означаване на повече от един брой предмети, просто са изрисували последователно необходимия брой пъти съответния пиктографски знак — например три крави са означавани с три последователни знака за крава. Подобна числова система има два главни недостатъка. Първият е характерен за пиктографските азбучни системи — всеки предмет е трябвало да има свой собствен знак и този знак е трябвало да бъде научен и възпроизвеждан точно от грамотния човек, за да бъде разбиран правилно. Вторият е голямата дължина на записите, която се дължи на елементарния адитивен метод за означаване. Ако в по-ранните етапи на развитие на шумерската цивилизация тази система е вършила работа, с усложняването на икономическия и политическия живот в държавата количеството стоки, които трябвало да бъдат пресметнати се разраства и става трудно за описание. Представете си например, че трябва да бъде описан товара на един кораб, състоящ се от няколко хиляди съда с олио и чували с жито, или пък администриран строежа на внушителния зигурат (храм) на Инана в град Урук, построен в края на третото хилядолетие пр. Хр. — предприятие, изискващо огромно количество стоки и труд. Възниква нужда от нова система за броене.

През третото хилядолетие пр. Хр. шумерите вече използват десетично-шестична (цифровите символи са в отношение 1 към 10 или 1 към 6 помежду си) адитивна система. Направена е вече първата стъпка към математическата абстракция, понятието за количество (числото), вече е отделено от предмета, чието количество обозначава.

Вероятно защото не са имали единна държава, шумерите не са използвали една числова система, а различни набори от символи за означаване на числата, когато са броили различни видове стоки, което доста усложнява нещата. Учените са успели да разчетат и идентифицират повече от 60 различни числови знака, които са групирани в около дванадесет различни метрологични системи. Всяка от тези системи се е състояла от определен брой единици с различен размер, които са с фиксирано отношение една



Фиг. 3

Схематично изображение на шумерските цифрови символи (горе — старата, долу — в новата система)

към друга[1]. Шумерите са използвали различни коефициенти за преобразуване на една мерна единица в друга, като всички те обаче са били прости множители на 60.

В основната числова система, използвана за броене на повечето разнородни обекти, всеки един от обектите бил обозначаван с малък полукръг. Десет малки полукръга са обозначавани с малък кръг, шест малки кръга са били равни на един голям полукръг, десет големи полукръга са означавани с голям полукръг с кръгче вътре в него, шест такива полукръга са били равни на един голям кръг и десет големи кръга са давали голям кръг с малко кръгче в средата (фиг. 3).

Видът на символите е избран така, че лесно да бъде нанасян с помощта на тръстиково перо върху глина.

Ако пресметнем стойността на последната (най-старшата) единица ще получим:

10.6.10.6.10 = 36000 основни единици

За пресмятане на повечето хранителни стоки е била използвана подобна система, но с отношение между едиците съответно 10, 6, 2, 10 и 6, като в този случай количеството означено с най-старшия символ би било:

6.10.2.6.10 = 7200

При системата за измерване на жито обаче, цифровите символи са били 5, а отношенията между тях съответно 5, 10, 3 и 10, така че най-старшият символ е означавал 1500 (10.3.10.5 = 1500).

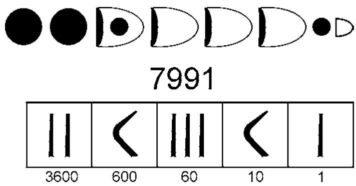
За да станат нещата още по-сложни, трябва да споменем факта, че един и същи знак е можело да бъде използван в няколко системи, и във всяка от тях да означава различно количество от базовата единица. Например, малкият кръг е можел да се равнява на 6, 10 или 12 малки полукръгчета, в зависимост от това в бройната система на кой тип предмети се използва.

И последното по хронология, но не и по значимост нововъдение в шумерската система е направено някъде в края на третото хилядолетие пр. Хр. — използваната адитивна бройна система е опростена, чрез въвеждането в нея на характерни за позиционните бройни системи елементи.

1 Подобно на английската метрологична система за разстояние, според която има 12 инча в един фут, три фута в един ярд и т. н. — бел. авт.

Цифровите символи вече са само два — вертикален клин, който е произлязъл от малкия полукръг и ъгловиден клин, произлязъл от малкия кръг.

Ъгловидният клин е имал стойност десет вертикални клина. В старата система следващата единица е била голям полукръг, равен на 6 кръгчета. В новата позиционна система тази единица е означавана с вертикален клин, който е бил равен на 6 ъгловидни клина. Тази двойка от символи е можело да се повтаря неограничен брой пъти, запазвайки всеки път съотношенията 10 и 6. Вертикалният клин вече е можел да означава в зависимост от местоположението си 1, 60, 3600 и т. н. На фиг. 4 са показани двата начина за означаване на числото 7991.



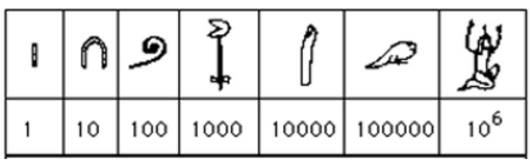
фиг. 4
Двата начина за означаване на числото 7991 (горе — в старата, долу — в новата система)

Новата бройна система е опростила изчисленията, но разбира се, в края на пресмятанията резултатите е трябвало да бъдат преобразувани обратно в основната метрологична система от единици. Така че задачите и техните решения са били изразявани в съответните единици от старата, а междинните пресмятания са извършвани в новата система.

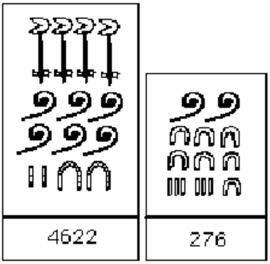
Шумерската цивилизация е най-старата известна днес развита цивилизация, нейните върхови достижения са били поразяващи за времето си проблясъци на човешкия интелект, оказали голямо влияние върху цялостното развитие на всички последвали я общества и народи.

1.2. Египет

Началото на древноегипетската цивилизация е било поставено около 3100 г. пр. Хр., когато при управлението на първия фараон Менес (или Хор-Аха) са били обединени Горен и Долен Египет. Новата държава е разполагала с развито земеделие, разчитащо основно на плодородните, наводнявани ежегодно от река Нил области по течението, разработена е била сложна система за напояване. Египтяните са се нуждаели и от развита астрономия и календар, за да могат да предвиждат жизнено важните за тях наводнения през дъждовния сезон. Голямата територия на държавата, системата от данъци, поддържаната силна армия,

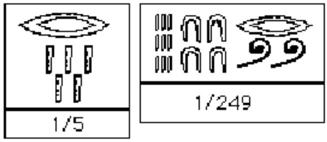


фиг. 5
Египетски цифрови йероглифи (означаващи степените на 10 от нулева до шеста)



фиг. 6
Числови фрагменти от експонирания в Парижкия музей *Лувъра* египетски камък от Кармак, създаден около 1500 г. пр. Хр.

развитата търговия са изисквали ефективна писменост и система за изчисления. Такива са били необходими и за построените през третото хилядолетие пр. Хр. и оцелели до днес огромни пирамиди, изискващи невъобразими за времето си количества материали и човешки труд. Възникналата около 3000 г. пр. Хр. египетска писменост представлява пиктографска (рисункова) писмена система, базирана на т. нар. йероглифи.

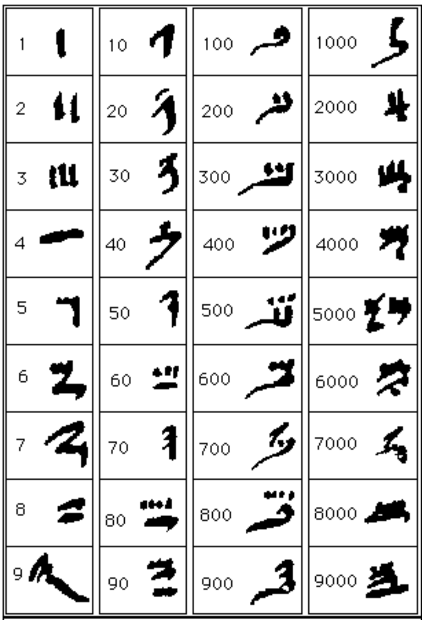


фиг. 7
Изписване на дробни числа в египетското йероглифно писмо

Първоначално египтяните са използвали за означаване на числата йероглифи, чиято числена стойност е базирана на степените на числото 10 (фиг. 5). Например за 10^0 (1) са използвали йероглифа за пръчка, за 10^3 (1000) — йероглифа за цветето лотос, а за 10^6 (милион) — човешка фигура с вдигнати ръце.

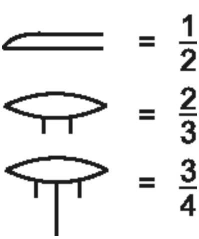
Системата за изчисляване, която са използвали е адитивна, т. е. крайната стойност на числото се получава, като се съберат стойностите на съставящите го цифрови символи (фиг. 6).

Египтяните са можели да изписват и някои дробни числа — единичните дроби, както и често срещаните 2/3 и 3/4. За тази цел е използван символ „уста“ (означаващ „част“), поставян над числото „делител“ (фиг. 7). Те са използвали специални знаци за най-често използваните дроби — 1/2, 2/3 и 3/4 (фиг. 8).



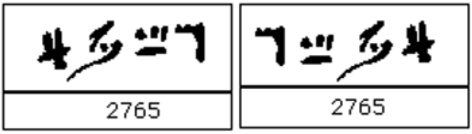
фиг. 9
Числови знаци в скорописната египетска система

Няколко века след разработването на йероглифното писмо се появява опростена негова форма (т. нар. *йератическо писмо*), което по-късно на свой ред се преобразува в *демотическо писмо*. Те се използвали предимно при



фиг. 8
Изписване на дробите 1/2, 2/3 и 3/4

писане върху папируси с помощта на мастило и тръстиково перо. Старата йероглифна писменост продължава да се използва за надписи върху камъни. Системата за броене също е била усъвършенствана и вече се е състояла от 36 знака за означаване на числата от 1 до 9, десетиците от 10 до 90, стотиците от 100 до 900 и хилядите от 1000 до 9000 (фиг. 9). Тази (т. нар. *скорописна*) система позволява много по-компактен запис на числата, но изисква заучаването на повече (36, а не 7 като при старата система) символи — напр. числото 9999 вече е можело да бъде изписано с 4 символа, вместо с предишните 36 йероглифа. При новата цифрова адитивна система е възможно изписването на едно и също число по няколко различни начина (фиг. 10).



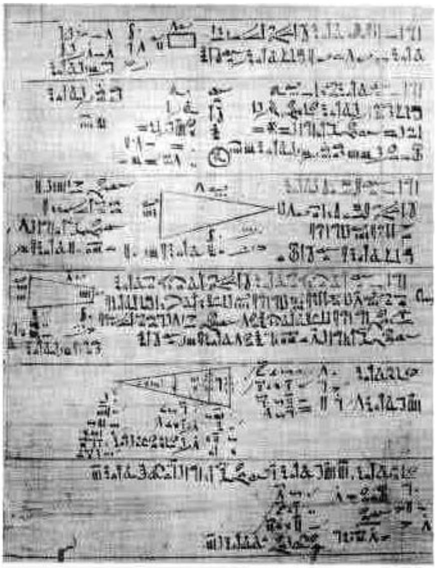
фиг. 10
Два от начините за изписване на числото 2765_{10} в скорописната египетска система

Използваните от египтяните числови системи са страдали от недостатъците на адитивните системи — лесно е било само събирането, а останалите аритметични действия — изваждане, умножение и деление са били затруднени. За съжаление използваният от египтяните папирус е изключително нетраен, така че до наши дни са се запазили само два папируса, които ни дават представа за математическите им знания — това са Райндският[1] (фиг. 11) и Московският папируси.

Ето как Ахмес, автор на Райндския папирус, описва начина, по който египтяните са умножавали числа — например трябва да се умножи 41 по 59. Нека съставим следната помощна таблица:

Множимо – 41	Множител – 59
1	59 √
2	118
4	236
8	472 √
16	944
32	1888 √

Забележете, че в лявата колона всъщност са изписани степените на двойката (като последната степен е



фиг. 11
Райндският папирус, (XVIII век пр. Хр.)

1 Носещ името на шотландския историк Александър Райнд, който го купува през 1858 год. — б. а.

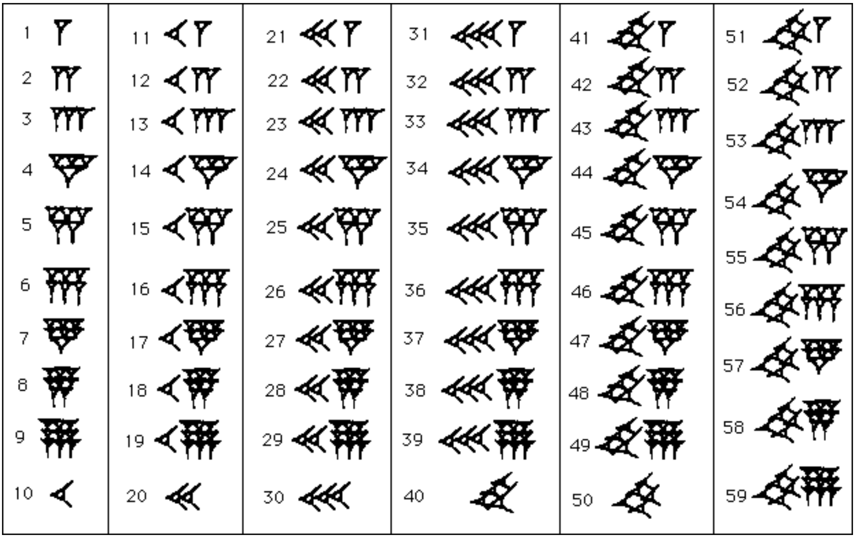
тази, която не надвишава числото–множимо), а в дясната — резултатът от умножението на съответната стойност от лявата колона по множителя. Стойностите в дясната колона могат лесно да бъдат пресметнати чрез просто последователно събиране на множителя със самия него, после на резултата със самия него и т. н. След това египтяните са използвали открития от тях по емпиричен начин факт, че всяко число може да бъде представено като сума от степените на двойката. След като 41 може да бъде представено като сума от следните числа 41=1+8+32, остава само да се вземат от дясната колона съответстващите на тези степени (първа, осма и тридесет и втора) числа (отбелязани с √) и да бъдат сумирани — 59 + 472 + 1888 = 2419, което е търсеният резултат. Умножението беше извършено само чрез събиране.

Естествено по подобна схема (чрез удвояване на делителя) може да бъде извършено и делението на две числа. Тук обаче би могъл да възникне проблем, когато делимото не се дели точно на делителя и остава някакъв остатък, който трябва да бъде изразен с дробно число. Ако това число е единична дроб, добре, египтяните са можели да боравят с такива дроби, но ако това не е така. Например ако трябва да бъде изписано дробното число 2/5, логично е да предположим, че ще бъде използван записа 1/5+1/5, но ще сгрешим. По причини, които не са съвсем ясни за нас, египтяните са използвали друг начин за разлагане на такива дроби, например дробното число 2/5 би било написано 1/3+1/15, а 2/17 би било сумата 1/12+1/51+1/68. Египетските математици са използвали подобни на описания по-горе емпирични методи и за решаване на по-сложни практически задачи от типа — „сборът от дадено число и неговата четвъртинка е равен на 15, кое е това число?“, както и за решаване на елементарни геометрични и стереометрични задачи като например намиране площта на кръг или обема на пирамида.

Математиката на древноегипетската цивилизация е била на по-ниско ниво, в сравнение с тези на другите древни народи — шумерите и вавилонците. Била е развита предимно аритметиката, използвана за решаване на задачи с приложен характер и геометрията — за пресмятане на лица на повърхнини и обеми на тела.

1.3. Вавилон

Около 2000 год. пр. Хр. семитски племена — вавилонците завладяват Шумер, който едва наскоро е успял да се освободи от предишните семитски завоеватели — акадите. Завоевателите възприемат клинописното



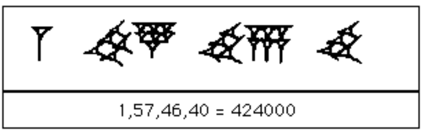
фиг. 12
59-те цифрови символа на вавилонската система са базирани само на 2 знака

писмо на местните жители, както и бройната система, използвана от тях. По-късно обаче изобретяват нова шестдесетична бройна система, което някои съвременни учени считат за най-голямото достижение на тяхната цивилизация, защото това е първата позиционна бройна система.

Вавилонците обаче са били практични хора и затова не са въвели нови цифрови символи за всичките 59 знака, а са използвали принципа на шумерската адитивно-позиционна система, при която са използвани само два клинописни знака за означаване на числата (фиг. 12).

Ето как например (фиг. 13) би изглеждало десетичното число 424000 във вавилонската система (като вземем предвид, че разложено в степените на 60 това число изглежда така — $424000 = 1.60^3 + 57.60^2 + 46.60^1 + 40.60^0$):

Както се вижда, вавилонците са оставяли място като разделител между отделните разряди (това се дължи на факта, че няма отделни цифрови знаци за цялата база), в противен случай биха възникнали проблеми — например ако нямаше разделител, шестдесетичните числа за 2 и 61 би трябвало да бъдат изписвани еднакво с два съседни клинописни знака за 1.



фиг. 13
Десетичното число 424000, изписано във вавилонската система

Неудобство за тази система (поради липсата на знак за нулата) представляват числата, в които липсва някоя степен на шестдесетицата. Вавилонците обаче са се оправяли някак си без нула в продължение на повече от хиляда го-

фиг. 14
Вавилонски числов надпис от музея *Лувър*, Париж

дини, и едва в V век пр. Хр. са започнали да поставят един или няколко клиновидни знака (кукички) на мястото, където е трябвало да има нула, но само ако е между другите цифри, ако е била накрая, просто са я пропускали. Тъй като в запазените до днес вавилонски математически текстове липсват междинните изчисления, някои учени обясняват това, както и липсата на нула в тяхната система с факта, че те са използвали за тази цел някакъв вид абак. В този случай нулата се означава просто с липсата на предмет в съответния разряд.

Вавилонците са използвали и дробни числа, но са имали специални означения само за някои дроби.

На фиг. 14 е показан фрагмент от вавилонска глинена плочка, на който е означено повдигането на квадрат на $2{,}27_{60}$ (147_{10}), което дава в резултат $6{,}0{,}9_{60}$ (21609_{10}). Какво се вижда тогава вместо нула вавилонците все още просто са увеличавали малко празното място между разрядите, което обаче едва ли може да се нарече ясна система за означаване.

Вавилонците не са разполагали с усъвършенствани алгоритми за умножение и деление, но е известно, че са съставили множество помощни таблици, които са използвали за улесняване на тези две аритметични действия. Запазени са две глинени плочки, на едната от които са нанесени квадратите на числата от 1 до 59, а на другата — кубовете на числата от 1 до 32. Известно е, че те са използвали формули като:

$$a.b = [(a + b)^2 - a^2 - b^2] / 2$$

и

$$a.b = [(a + b)^2 - (a - b)^2] / 4$$

за свеждане на умножението до събиране и изваждане на квадрати, при което очевидно са използвали подобни на откритите помощни таблици.

По подобен алгоритъм вавилонците са извършвали и делението, използвайки факта, че делението на две числа може да бъде представено като умножение:

фиг. 15
Вавилонска глинена плочка, съхранявана в Йейлския университет, САЩ

a / b = a.(1/b)

В този случай са били необходими таблици с квадратите на дробите и такива действително са открити. Разполагали са и с помощни таблици с изчислени квадратни и кубични корени от числа.

В началото на второто хилядолетие пр. Хр. вавилонците са можели да решават квадратни уравнения, познавали са формулите за сумата от членовете на аритметичната и геометричната прогресия, изчислявали са обеми на геометрични тела. От превода на една съхранявана в British museum глинена плочка, както и от съхраняваната в Йейлския университет в САЩ плочка (фиг. 15) става ясно, че те са знаели т. нар. *Питагорова теорема* още около 1850 год. пр. Хр., повече от хилядолетие преди да се роди самият Питагор.

Разполагали са и с учудващи за времето си знания и в областта на астрономията. Първообразът на използванияt днес от нас календар е въведен от тях. Годината според него се състояла от 365 дни, 12 месеца (това са астрономически базирани параметри), но вавилонците са въвели седмицата (тъй като са познавали седем планети от Слънчевата система). Денят разделили на 12 часа, часът на 60 минути, минутата — на 60 секунди, всичко в съответствие с използваната шестдесетична система.

Те са избрали за единица мярка за ъгъл 1/360 част от окръжността, това което днес ние наричаме градус. Градусът са разделили на 60 минути, а минутата — на 60 секунди.

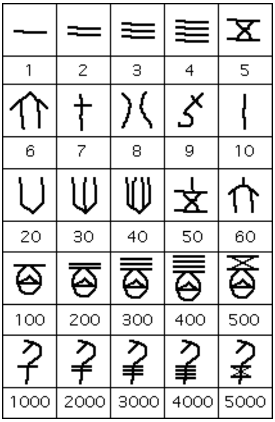
Няма никакво съмнение, че вавилонската цивилизация е най-развитата в математическо отношение (а и не само в него) древна цивилизация, оказала огромно влияние върху останалите народи.

1.4. Китай

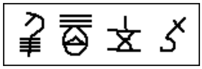
Историята на древния Китай се разделя на четири периода, в зависимост от династиите, които са управлявали по това време.

Китайската писменост е възникнала през периода на династията Ин (1766 - 1122 г. пр. Хр.) и е била идеографска (образна), с характерно преплитане на чертици, запазено и досега в китайските йероглифи.

За съжаление тъй като китайците са използвали много нетрайни материали за своите ръкописи — дървена или бамбукова кора, твърде малко са запазените до днес източници, по които можем да съдим за нивото на китайската математика в началния период на тяхната цивилизация. Най-старият запазен математически ръкопис, изписан върху бамбукова кора, е



фиг. 16
Част от цифровите символи, използвани в китайската числова система

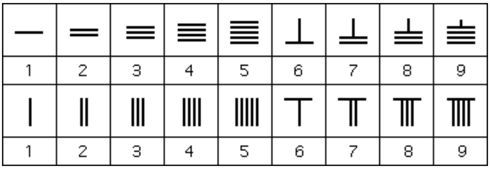


фиг. 17
Числото 4359 в китайската числова адитивна система

от около 180 год. пр. Хр. Открити са и числови надписи върху кости и костенуркови черупки от времето на династията Шанг, чието начало е около 1045 год. пр. Хр. От тези надписи става ясно, че по това време китайците са използвали числова система от адитивен тип. На фиг. 16 са дадени част от цифровите символи, които са използвали. Ако ги разгледаме внимателно, ще забележим, че знаковата им система има мултипликативни (умножителни) свойства, например 200 се означава със знак за две, поставен върху знак за 100, 3000 — със знак за 1000, пресечен със знак за три и т. н. Въпреки това улеснение обаче, принципът за означаване на числата е чисто адитивен, както става ясно от примера на фиг. 17, на който числото 4359 е представено с последователно изписани знаци за 4000, 300, 50 и 9.

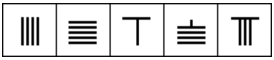
Някъде от около IV век пр. Хр. китайците започват да използват сметачни дъски (абаци), представляващи дървена основа, разграфена на колони и редове, върху която са се поставят малки пръчици от бамбук или слонова кост. В най-дясната колона са означавани единиците, в следващата отляво — десетиците, в третата — стотиците и т. н. Според повечето учени именно това е първата десетична позиционна бройна система.

Тъй като пръчиците, използвани за броенето, не са били твърдо закрепени за основата, те лесно са се размествали, водейки до грешки (представете си например, че сме означили числото три чрез три пръчици в най-дясната клетка, но лявата пръчица е мръднала малко и е отишла в клетката отляво, променяйки по този начин числото на 12). За да избегнат подобни грешки китайците са използвали поне два вида представяния на цифрите от 1 до 9 (фиг. 18), като са ги редували, например в колоната за единиците е използвана долната система, за десетиците — горната и т. н. На фиг. 19 е показано как би изглеждало числото 45698 върху подобна дъска.



фиг. 18
Две възможни представяния на цифрите от 1 до 9 върху китайската изчислителна дъска

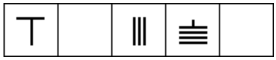
Китайците (също като вавилонците) не са използвали специален знак за нула, при означение върху дъска просто съответната клетка е оставяна празна (виж примера на фиг. 20). Естествено,



фиг. 19
Представяне на числото 45698 върху китайската сметачна дъска

десетичното представяне на числата не е останало само за изчислителните дъски, а скоро е започнало да се използва и за писане. Там проблемът с липсата на знак за нула е бил по-сериозен, трябвало е да се оставя празно място между цифрите.

Абакът улеснява много извършването на основните аритметични действия (събиране, изваждане, умножение и деление), например китайските математици са открили, че за да умножат по 10 едно число, просто трябва да го преместят една клетка наляво, а за да го разделят на 10 — една клетка надясно. Те достигат голямо майсторство при изчисления с абак. В ръкописа „Математиката в девет книги“ (I век пр. Хр.) не само се разискват математически въпроси, които в Европа ще станат известни след много столетия, но и се поставят изчислителни задачи от вида: да се умножи 1644866437500 на 16/9.



фиг. 20
Представяне на числото 60390 върху китайската сметачна дъска

Разработени са били методи за изчисляване на квадратни и кубични корени, решаване на уравнения и т. н. Преди почти две хиляди години китайските математици стигнат до доказателството на Питагоровата теорема, изчисляват с голяма точност стойността на числото π. През VI в. те започват да използват за изчисления специална дъска, подобна на шахматната, чиито постепенно усъвършенстване води до използваното до наши дни сметало *суанпан*.

1.5. Гърция

По време на разцвета на древната елинска култура (750-150 год. пр. Хр.) на територията на съвременна Гърция съществуват множество градоведържавици, които използват различни варианти на разгледаните по-долу числови системи.

Първата използвана от елините бройна система се нарича *акрофонична*, защото знаците за повечето цифрови символи са идвали от първата буква на думата, използвана за тази цифра. Например, цифрата 5 е означавана с Г (от тогавашната гръцка дума за *пет* — Γεντε), 10 е означавано с Δ (от Δεκα), 100 — с Η (от Ηεκατον), хиляда — с Χ (от Χιλιοι) и 10000 — с Μ (от Μυριοι). Единицата е означавана просто с една вер-

I	II	III	IIII	Γ	ΓI	ΓII	ΓIII	ΓIIII	Δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

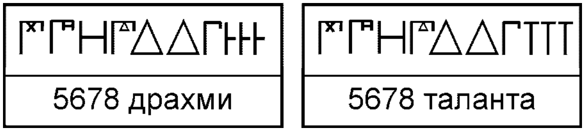
фиг. 21
Представяне на числата от 1 до 10 в гръцката акрофонична числова система

Δ	𐅄	Η	𐅅	Χ	𐅆	Μ	𐅇
10	50	100	500	1000	5000	10000	50000

фиг. 22
Допълнителни съставни числови символи в гръцката акрофонична числова система

тикална черта, а не по акрофоничен принцип. На фиг. 21 е показано как биха изглеждали числата от едно до десет в тази система.

Ако се използва десетична база в една чисто адитивна система, без допълнителни цифрови символи, тогава големите числа трябва да бъдат изписвани с много цифри (например 9999_{10} в такава система би изисквало 36 символа). За опростяване на записа на големи числа гърците са въвели в знаковата си система мултипликативни свойства, подобно на китайците, използвайки няколко съставни символа. Тези символи се образували от посочените по-горе символи за 10, 100, 1000 и 10000, които се поставяли в умален вид в знака за 5—Г, получавайки по този начин самостоятелни символи за числата 50, 500, 5000 и 50000 (фиг. 22).



фиг. 23
Различни начини за изписване на едни и същи числа в зависимост от контекста в гръцката акрофонична числова система

Като допълнително усложнение към тази система може да счита факта, че при броенето на различни предмети гърците са използвали различни форми за изписване на числата. Описаната по-горе система се е използвала най-често при броенето на пари. На фиг. 23 можете да видите как би било изписано числото 5678, ако се отнася до броя на драхми, и съответно на таланти (драхмата е основната гръцка парична единица по това време, а един талант е бил равен на 6000 драхми).

През пети век пр. Хр. йонийските гърци започнали да използват азбучна адитивна числова система, взаимствана вероятно от системата на финикийците, които са използвали като цифрови символи буквите от азбука-

Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ϝ	Ζ	Η	Θ	Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Π	Ϙ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90

Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	Ϡ
100	200	300	400	500	600	700	800	900

ΣΞΘ
269

фиг. 24
Символите и техните значения в гръцката азбучна цифрова система. В долната дясна част на фигурата е показано как би било изписано числото 269 в тази система.

та, като за да се различават буквите от цифрите слагали над числата специален знак, наречен *титла*. По-късно тази система се възприема от повечето други гръцки държави.

͵Α	͵Β	͵Γ	͵Δ	͵Ε	͵Ϛ	͵Ζ	͵Η	͵Θ
1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000

фиг. 25
Съставни символи за означаване на хилядите в гръцката азбучна цифрова система

В класическата гръцка азбука е имало 24 букви, но като цифрови символи са се използвали освен тях още 3 остарели и вече излезли от употреба букви — дигама, копа и сан. На фиг. 24 можете да видите числовите значения на буквите от гръцката азбука (дадени са само главните букви, но е можело да бъдат използвани и малките букви).

Тази система осигурява доста по-кратки числови записи, защото в нея без повторение на буквите могат да се изписват числа до 999. За по-кратък запис на по-големи числа са въведени показаните във фиг. 25 съставни символи. С помощта на тези символи вече е можело да бъдат изписвани без повторение на буквите числа до 9999. За означение на числа над 9999 гърците са използвали символа М (от *мириада*, който е бил равен на 10000), над който са изписвали с малки букви числото, което трябвало да бъде умножено по 10000. Когато обаче горното число е било голямо и неудобно за изписване над М, тогава неговите символи са означавани преди М (на фиг. 26 са дадени примери за двата случая).

$\overset{\rho\kappa\gamma}{\mathrm{M}}$
1230000

͵ΖΡΟΕΜ͵ΕΩΟΕ
71755875

фиг. 26
Означаване на числата над 9999 в гръцката азбучна цифрова система

И последното усъвършенстване на гръцката система, което ще разгледаме, е предложено от един от най-великите древногръцки математици и геометри Аполоний от Перга (262-190 год. пр. Хр.). Аполоний предлага числото, изписано над символа за мириада — М, да означава степенуване, а не умножение, както е при старата система. Например β, изписано върху М би означавало не 10000.2=20000 както при старата система, а 10000^2=100000000. Числото, което е трябвало да бъде умножено по съответната степен на мириада, е било изписвано след символа М, а символите χαι са били изписвани между числовите части, които трябвало да бъдат сумирани (т. е. са означавали *плюс*). Числото е било разделяно на октети чрез знака χαι, найдесният октет се е умножавал по едно (нулевата степен на мириада),

$\overset{\beta}{\mathrm{M}}$ ͵ΕΩΟΕ χαι $\overset{\alpha}{\mathrm{M}}$ ͵ΖΡΟΕ χαι ΣΞΘ
587571750269

фиг. 27
Означаване на числото 587571750269 в системата на Аполоний

това умножение не се е изписвало, вторият октет отдясно се умножавал по мириада на първа степен (10000), следващият — по мириада на втора (100000000) и т. н. На фиг. 27 е показано как би било изписано в системата на Аполоний числото 587571750269.

Подобна система е предложил около половин век преди Аполоний другият древногръцки математически колос—Архимед от Сиракуза (287-212 год. пр. Хр.), но неговата система е била с много по-голям обхват, защото като базово число за повдигане в степен той е използвал не мириада (10000), а мириада на квадрат (100000000). Използвайки своята система Архимед е изчислил, че броят на песъчинките, необходими за запълване цялата вселена е от порядъка на 10^{64}.

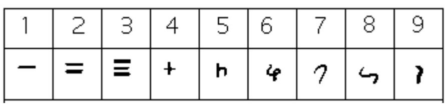
Азбучната система на записване позволява по-кратко изписване на числата, но затруднява извършването на аритметичните операции. Но тези операции гърците вероятно са извършвали помощта на абак, така че това не е било проблем за тях. Може би на това се дължи и факта, високоразвитата древногръцка цивилизация не е заимствала от по-древните цивилизации или създала сама бройна система от позиционен тип, много по-удобна за ръчни изчисления.

1.6. Индия

На територията на днешна Индия е имало развита цивилизация още в началото на третото хилядолетие пр. Хр. и някои нейни достижения могат да бъдат поставени наравно с тези на най-развитите по това време цивилизации — тези на египтяните и вавилонците.

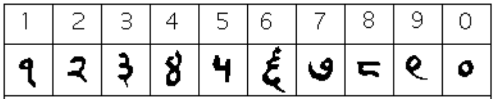
Първите сведения за развитието на математиката в Индия са именно от това време. Счита се, че в средата на второто хилядолетие пр. Хр. тази наука вече е била доста развита.

В Индия са били в употреба различни числови системи. Най-старите известни днес индийски числови системи са Брахми (фиг. 28) и Карощи, които са се използвали някъде от средата на VI век пр. Хр. Тези системи не са от позиционен тип, така че в тях освен цифрите от 1 до 9 има символи за 10, 20, 30, 100, 1000 и т. н. Постепенно системата Брахми била усъвършенствана, за да се стигне в XI век до системата Нагари (фиг. 29). Както виждате, някои от цифрите на тази система приличат твърде много на използваните днес от нас цифрови знаци.



фиг. 28
Цифрите от 1 до 9 в системата Брахми

Най-ранният индийски документ,



фиг. 29
Цифрите от 1 до 9 в системата Нагари

съдържащ числа, изписани в десетична позиционна бройна система е от V век. Не е известно точно кога са започнали индийците да използват тази система, според някои историци това е станало в I век от н. е. Има някои предположения, че идеята е взаимствана от китайската позиционна бройна система на изчислителните дъски. Повечето съвременни историци обаче са убедени, че първата десетична бройна система от позиционен тип е възникнала самостоятелно в Индия, след което е била възприета от арабите, и от там е проникнала в Европа.

За да оценим какво е било нивото на индийската математика ще споменем само факта, че джайнистките[1] математици около 150 год. пр. Хр. (имайте предвид, че този период се счита за *тъмен* период на слабо развитие за индийската математика) са имали някакви, макар и начални познания по това, което днес наричаме теория на числата, геометрия, действия с дроби, прости уравнения, уравнения от трета и четвърта степен, пермутации и комбинации, теория на безкрайно големите числа, начално разбиране за индекси и логаритми. Именно наличието на усъвършенствани методи за изчисления в десетичната бройна система обясняват слабата популярност на индийския абак сред населението, образованите индийци са предпочитали да смятат на покрита с пясък дъска, върху която са пишели с тънка пръчица (спомнете си калемите в нашите килийни училища, изполвани чак до XIX век).

Ето какво пише през 672 год. за индийците Северус Себокт — несториански християнски епископ на град Кенешра, разположен на р. Ефрат: „... техните удивителни открития в астрономията, открития, превъзхождащи тези на гърците и вавилонците, и за техните ценни методи за изчисление, които трудно да могат да бъдат описани. Искам само да кажа, че тези изчисления се правят посредством девет цифри“.

Доста време след въвеждането на десетичната позиционна бройна система индийците не са използвали специален знак за нула. Първите сигурни сведения за наличието на такъв знак в тяхната система са от VIII век. Този знак се е наричал *суниа*, което означава *празно място*. В преведаните на арабски език съчинения тази дума била заменена със съответната ѝ арабска — *ас-сифр*, която по-късно преминава в латинския и оттам в повечето европейски езици като *цифра* и чак до XVIII век се е използвала в смисъл на *нула*.

За да оценим приноса на индийската цивилизация към съвременната

1 Джайнизмът е религиозно-философско учение, възникнало през VI век пр. Хр. — бел. авт.

математическа наука, можем да цитираме един от великите математици и астрономи на XVIII век — французина Пиер Симон Лаплас (1749-1827):

„Гениалният метод за изразяването на всяко възможно число чрез използването на група от десет символа (като всеки символ има позиционна и абсолютна стойност) се появява в Индия. Тази идея изглежда толкова проста днес, че нейното изключително значение не се оценява достойно. Важността на това откритие може да бъде оценена по-добре, като се вземе предвид, че то е не е било във възможностите на двамата велики мъже на античността — Архимед и Аполоний."

1.7. Рим

Римската числова система е без съмнение най-дълго използваната от всички древни системи. Изминали са повече от две хилядолетия от нейното разпространение, но тя продължава да се използва в някои области като номерация в книги, филми, часовници и т. н. Това в никакъв случай не се дължи на нейното съвършенство, а по-скоро на нейната простота.

I	V	X	⊥	⊕	D	ↀ
1	5	10	50	100	500	1000

фиг. 30
Първите седем цифри в етруската числова система

Предшествениците на римляните на Италийския полуостров — етруските, са участвали дейно в ранната римска история, отначало като добри съседи, после като врагове, и накрая като участници в създаването на възникващата велика империя. Логично е, че римляните са възприели от по-развитите си съседи много неща, едно от които е системата за означаване на цифрите (фиг. 30).

Етруските използвали повече цифри, но римляните се задоволили само със седем — I, V, X, L, C, D и M (фиг. 31). Първоначално възприетата от тях система е била чисто адитивна, т. е. стойността на числото се получавала чрез просто сумиране на съставящите го цифри. През I век тази система е била усъвършенствана и се е превърнала в адитивно-субстрактивна, при която ако в дадено число цифра с по-малка стойност предшества такава с по-голяма, то тя се изважда от нея (т. е. от общата числова стойност). На фиг. 32 е показано как е било изписвано числото 1993 в старата и в новата система. Новата система не е била задължителна и дълго време (чак до XVII век) са се използвали паралелно и двете.

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

фиг. 31
Цифрови символи в римската числова система

Ето какви са основните правила в новата

система:

• Цифрите са изписвани в намаляващ ред, отляво надясно (XVI=16_{10})

• Ако горното правило е било нарушено, т. е. ако по-младшата цифра стои преди (отляво) на по-старша, тя се изважда от нея (XIV=14_{10})

MDCCCCLXXXXIII	MCMXCIII
1993	1993

фиг. 32
Числото 1993 в старата (вляво) и в новата римска числова система

• Ако има две съседни еднакви цифри, те се събират (XXII=22_{10})

• Превключването от адитивен към субстрактивен принцип става в момента, в който станат необходими 4 еднакви съседни цифри (4 е изписвано като IV, а не — IIII)

Като субстрактивни символи е можело да бъдат използвани само три от цифрите — I, X и C (това са точно степените на 10 — нулева, първа и втора степен). Те можело да бъдат изваждани само от следващите по стойност цифри, за I това са V и X, за X — L и C, за C — D и M. Например 49 е можело да бъде изписано XLIX, но не и IL, а за 1999 е допустимо изписване MCMXCIX, но не и MIM.

Когато над цифрата е била изписана линия, тогава нейната стойност е се е умножавала по 1000. Ако цифрата е заградена с линии отляво, отгоре и отдясно, тогава се е умножавала по 100000.

Понякога ако числото е завършвало с I, последната цифра I е била заменяна с J, за да се затрудни промяната на последната цифра, а с това и стойността на числото.

28 = XXVIII
x 12 = XII
336

XXVIII x I = XXVIII
XXVIII x I = XXVIII
XXVIII x X = CCLXXX
CCLXXXXXXXVVIIIIII

CCCXXXVI

фиг. 33
Умножение на 28 по 12

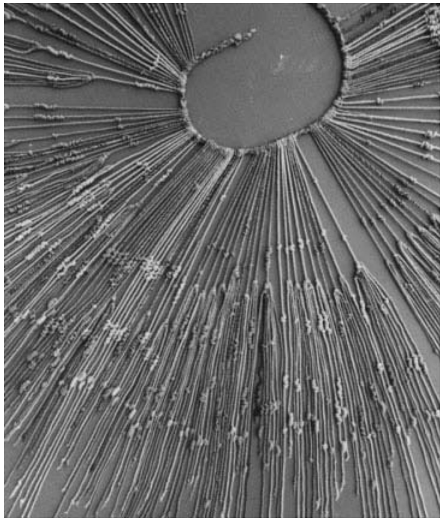
Когато след дадена цифра е изписано повдигнато горе число, това е означавало умножение, например V^{XX} означава 5 (V) умножено по 20 (XX).

Както е и при другите числови системи от адитивен тип, така и при римската, лесно е било само събирането на числа. Умножението на две числа също е било сравнително лесна операция, както е показано на фиг. 33. Изваждането и особено делението обаче са били доста трудоемки операции, при което са използвани методи, подобни на тези описани от Ахмес, автор на Райндския папирус.

Римската числова система се използва повсеместно в Западна Европа до XI век, като някои от посочените по-горе правила са били модифицирани в различни страни, след което започва постепенното навлизане на индо-арабските цифри.

1.8. Америка

1.8.1. Бройна система на инките

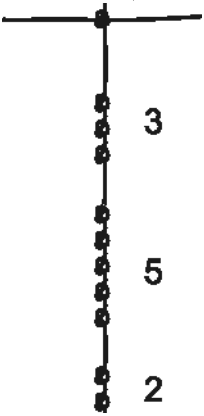


фиг. 34
Снимка на кипу

Противно на общоприетото схващане, съществуват цивилизации, достигнали високо ниво на развитие, без да разполагат с писменост. Ние знаем малко за тях, защото не разполагаме с автентични писмени източници. Една от тези цивилизации е инкската.

Преди да бъде завладяна от испанците през 1532 год., империята на инките обхваща голяма част от т. нар. Латинска Америка. Империята е имала над 12 милиона души население от различни етнически групи, говорещи около 20 различни езика. Разполагала е с отлична за времето си пътна система, селско стопанство, различни занаяти. Администрацията на тази империя е изисквала система за записване и извършване на числови операции.

За записване на числата инките са използвали специални въженца, наричани *кипу* (фиг. 34). Бройната система е десетична. Цифрите са означавани чрез възли. Ето например (фиг. 35) как би изглеждало числото 352 в системата *кипу*—двата възела на края на въжето са за единиците, следващата група от пет възела—за десетиците, третата група—за стотиците и т. н.

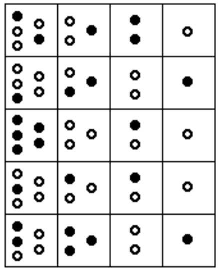


фиг. 35
Числото 352 в системата кипу

Ето какво казва испанецът Гарсилаго де ла Вега за инкската система—„Съобразно позицията си, възлите означават единици, десетици, стотици, хиляди, десетки хиляди и по изключение—стотици хиляди. Възлите се подравняват добре на различните въжета подобно на цифрите, които един счетоводител подравнява колона по колона в своя дневник.“

Въженцата, означаващи различните числа се завързвали към едно общо хоризонтално въже. Към въжетата за различните числа, понякога се завързвали допълнителни по-тънки въженца с числа. Нулата се означава просто с липсата на възли в тази част от въжето, асоциирана със съответния разряд. Използвали са се различни цветове въжета, като всеки цвят се е отнасял за определена група предмети.

Доста интересни данни се съдържат в писмото на Фелипе де Аяла до испанския крал, написано около 1540 год., в което има схеми на числа *кипу*, но освен това и рисунка на сметачна дъска, която според Аяла се използвала от инките и се наричала *юпана* (фиг. 36).



фиг. 36
Схема на юпана

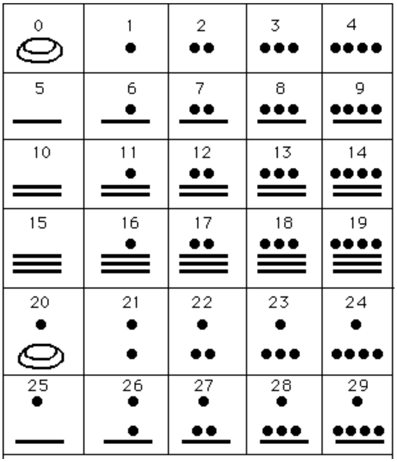
Ето какво казва за изчислителните способности на инките испанският свещеник Хосе де Акоста, живял сред тях от 1571 до 1586 год.—„Голямо забавление е да наблюдаваш заниманията им с друг вид калкулатор с царевични зърна. За да правят много сложни изчисления, за които един способен изчислител се нуждае от молив и хартия, тези индианци използват само зърната. Те ги поставят на определени места, след това започват да ги местят и накрая ти казват крайния резултат без никаква грешка. Сами отсъдете дали това не е гениално, въпреки че някои хора твърдят, че тези хора са животни. Това, което според мен е сигурно е, че с каквото и да се захванат, те го правят по-добре от нас.“

Най-вероятно Акоста описва работа с разновидност на сметачната дъска *юпана*, използвана от инките. Според някои историци друг древен американски народ, този на ацтеките, около 1000 год. вече е използвал сметачно устройство, подобно на сметалото (т. нар. непохуалцицин), което е представлявало дървена рамка с пръчици и нанизани на тях царевични зърна.

1.8.2. Бройна система на маите

фиг. 37
Дрезденският кодекс, съхраняван в Sachsishe Landesbibliotek в Дрезден

Цивилизацията на маите е започнала развитието си в средата на третото хилядолетие преди Хр. на територията на полуостров Юкатан в днешно Мексико. Разцветът на тяхната държава е между 250 и 900 год. През този период маите са построили големи градове, имали са развито земеделие, въвели са календар, по-точен от използвания тогава в Европа, правили са астрономически



фиг. 38
Числата от 0 до 29 в майската бройна система

наблюдения и изчисления, изобретили са бройна система, която по нищо не отстъпва на която и да е система по това време.

Твърде малко документи са оцелели през годините и кладите за дяволските книги на маите, устроени от испанските колонизатори. Най-ценен от тях е Дрезденския кодекс (фиг. 37), който представлява трактат по астрономия, създаден вероятно в VII век.

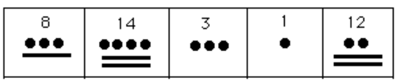
Маите са използвали базирана на двадесет позиционна бройна система (фиг. 38).

Както се вижда от фигурата, въпреки че системата е двадесетична, цифрите са само 3 — нула (за която маите са използвали знак за раковина), 1 (кръгче) и 5 (черта).

Бройната система на маите, която е използвана в Дрезденския кодекс обаче не е била чисто двадесетична. В една позиционна двадесетична бройна система младшият (най-десният) разряд означава нулевата степен на базата 20 (т. е. от 1.20^0 до 19.20^0), вторият разряд — първата степен на 20 (т. е. от 1.20^1 до 19.20^1), третият — втората степен (т. е. от 1.20^2 до 19.20^2) и т. н. Първият и вторият разряд при маите са били образувани по този принцип, но третият разряд е означавал умножение не по втората степен на базата — $20^2 = 400$, а по 360. Например числото на фиг. 39 в тяхната система би изглеждало така в десетичен вид.

$$12 + 1.20 + 3.18.20 + 14.18.20^2 + 8.18.20^3 = 1253912$$

Някои математици смятат, че тази система се е използвала само за астрономически изчисления, а за други цели маите са използвали чиста двадесетична позиционна система, но за това няма неоспорими доказателства.



фиг. 39
Десетичното число 1253912 в майската бройна система

Няма сведения също така дали маите са имали разработени методи за умножение и деление, както и разбиране за дробни числа.

1.9. Арабска и западноевропейска бройни системи

фиг. 40
Арабски цифри от средата на X век

Някъде в средата на първото хилядолетие след Хр. индийската бройна система започва своя път на запад.

Има запазено описание на срещата на втория арабски халиф ал-Мансур през 776 год. с един индийски учен, който представил книгата си за изчисление на орбитите на планетите, както и начини за решаване на уравнения. Халифът бил толкова впечатлен от индиеца, че заповядал книгата му да бъде преведена на арабски и на базата на този превод да бъде написана нова книга, помагаща на арабите да изчисляват движението на планетите.

По всяка вероятност първоначално арабите са използвали индийските цифри при работа с т. нар. *прашна дъска* (дъска, покрита със ситен пясък или прах, върху която са се изписвали цифрите). Не случайно в западната част на Арабският халифат, откъдето именно по-късно арабските цифри са проникнали в Европа, индийските цифри са наричани *губар* (прах).

Най-старата запазена до днес арабска книга, описваща индийската бройна система е от средата на X век. В тази книга авторът ѝ — арабският математик Абул Хасан ал-Улидиси описва как да се променят методите за изчисление на прашната дъска, за да могат да се използват при смятане с лист и хартия. На фиг. 40 е показано как са изглеждали в средата на X век, използваните в източната част на халифата цифри.

Поне 100 години преди гореспоменатата книга е написана известната книга на арабския математик от IX век Мохамед ибн Муса ал-Хорезми за индийската бройна система, от която обаче се е запазил само латинския превод[1]. В тази книга ал-Хорезми описва индийската бройна система като състояща се от десет цифри, т. е. това е първото споменаване на използването на знак за нула. Най-известната творба на ал-Хорезми обаче не е гореспоменатата книга, а *Хисап ал-джабр ал-мукабала*[2], която оказва изключително влияние върху европейската наука. Именно чрез нея в Европа се утвърждават индийските цифри, които днес наричаме *арабски*. От тази книга научаваме също да решаваме линейни и квадратни уравнения, да намираме лица на фигури, да изчисляваме обеми на тела и т. н.

Бройната система, базирана на индийската десетична позиционна система не е била единствената, използвана в Арабския халифат. Освен нея е

1 Algoritmi de numero Indorum, преведена около 1120 год. от английския учен Абелар от Бат — б. а.
2 Написана ок. 830 г., преведена на латински в средата на XII век. От нея идва името *алгебра* — б. а.

имало поне още две широко използвани системи: първата е система, базирана на броенето с пръсти, чиито цифри са били изписвани с думи и се е използвала за търговски пресмятания; втората е акрофонична бройна система, чиито цифри са били изписвани с букви от арабската азбука.

Втората система, т. нар. *харуф ал джумал* (букви за смятане) е използвала 27 от 28-те букви в арабската азбука за представяне на цифрите от 1 до 9, десетиците от 10 до 90 и стотиците от 100 до 900. Шестдесетична версия на тази бройна система е била използвана от арабските астрономи.

Индийската цифрова система се популяризира в Западна Европа главно след създаването на една книга на италианския математик Леонардо Фибоначи[1] (1175-1250), описваща аритметичните действия в десетичната система. Фибоначи нарича цифрите „индийски“. По-късно започват да ги наричат „индо-арабски“, за да се стигне до сегашното им название — „арабски“. Цифрите обаче непрекъснато променят формата си и приемат сегашния си вид едва през XV век с въвеждането на книгопечатането.

И накрая няколко думи за използваната от нас българите бройна система. Известно е от историята, че създадената в средата на IX век от братята Кирил и Методий славянска азбука — глаголицата, постепенно е била заменена с доста по-простата и удобна кирилица на Климент Охридски. Както азбуката, така и числовата система, използвана тогава от нашите предци, са били базирани на гръцките. При това за цифри са използвани само онези букви от кирилицата, които съответстват на гръцките, така че гръцкото и славянското означаване на числата съвпадали, макар че старобългарските азбуки имали повече букви от гръцката. Например единицата е означавана с първата буква от азбуката (*аз*), но за двойката се използва не втората буква (*буки*), а третата (*веди*), защото в гръцката азбука няма аналог на *буки*. Над буквите-цифри също като при гръцката система се поставял специален знак (*титла)*.

Тази акрофонична числова система се използва по нашите земи чак до освобождаването ни от турско робство, макар доста преди това да е започнало постепенното навлизане на десетичната бройна система. Подобна бройна система са използвали и другите славянски държави, взаимствали кирилицата от България, като Руската империя (до началото на XVIII век), балканските славянски държави (до XIX) век.

1 Liber abaci (Книга за абака), създадена през 1202 год. — бел. авт.

Глава II

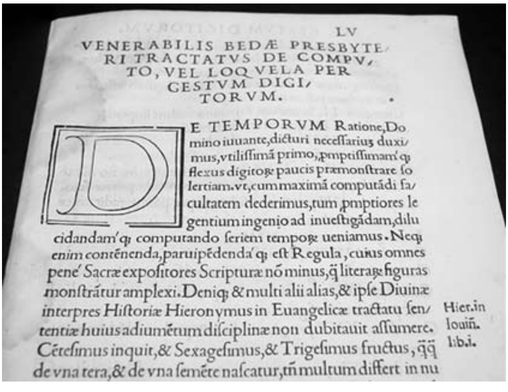
Първи помощни изчислителни средства

„В света има много трудни неща,
но няма нищо по-трудно от
четирите аритметични действия.”

Беда Преподобни (673-735)

Няма никакво съмнение, че първото помощно изчислително средство на човека са пръстите на ръцете му. От онези далечни моменти преди десетки хиляди години, когато човекът се е мъчил да брои — едно, две, три, та чак до наши дни, това е най-често използвания естествен помощник при броене.

Английският бенедиктински свещеник Беда (673-735) (известен като Преподобния Беда—Bedæ Venerabilis) е един от най-образованите хора в Англия за времето си (в тези „тъмни“ за Европа времена, всеки човек, който е можел да чете, вече се считал за много „учен“). Освен множеството трактати на религиозна и историческа тематика, той създава и един математически[1] (фиг. 1), в който описва методите за смятане с пръсти. Трактатът става източник, откъдето средновековните автори на учебници по смятане в течение на много векове черпят сведения за смятането с пръсти.


LV
VENERABILIS BEDÆ PRESBYTERI TRACTATVS DE COMPVTO, VEL LOQVELA PER GESTVM DIGITORVM.

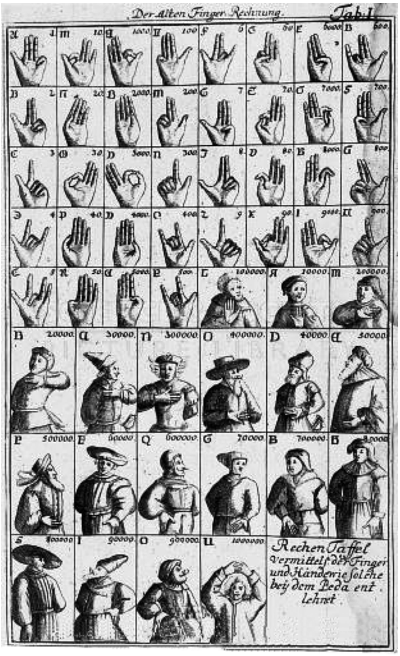
DE TEMPORVM Ratione, Domino iuuante, dicturi necessarius duximus, vtilissimã primo, ꝑmptissimam'q; flexus digitoꝝ paucis præmonstrare solertiam. vt, cum maximã computãdi facultatem dederimus, tum ꝑmptiores le gentium ingenio ad inuestigãdam, diludicandam'q; computando seriem tempoꝝ ueniamus. Neq; enim contẽnenda, paruipẽdenda'q; est Regula, cuius omnes penè Sacræ expositores Scripturæ nõ minus, q̃ literaꝝ figuras monstrãtur amplexi. Deniq; & multi alii alias, & ipse Diuinæ interpres Historiæ Hieronymus in Euangelicæ tractatu sententiæ huius adiumẽtum disciplinæ non dubitauit assumere. Cẽtesimus inquit, & Sexagesimus, & Trigesimus fructus, q̃q̃ de vna tera, & de vna semẽte nascatur, tñ multum differt in nu

Hier. in Iouin. lib. i.

фиг. 1
Страница от трактата на Беда,
издание от 1525 г.

В известната деветтомна техническа енциклопедия Theatrum machinarium на немския механик, педагог и писател Якоб Лойполд, чието издаване започва през 1722 год., цяло хилядолетие след създаването на трактата

1 De computo per gestum digitorum (Смятане с помощта на пръстите), създаден през 725 год.— б. а.



фиг. 2
Страница от *Theatrum machinarium*

на Беда, е отделено специално място на неговия метод за смятане с помощта на пръстите (фиг. 2).

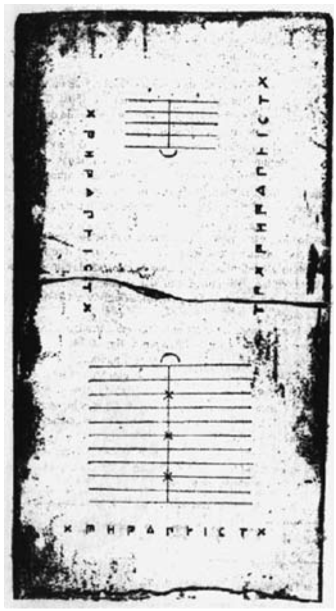
Един от най-известните арабски математици на X век—Абул Уафа, който е бил много добре запознат с индийската бройна система, написва трактат за броенето с пръсти, тъй като именно този начин на броене се е използвал сред търговците и голяма част от населението, а не десетичната писмена бройна система, която е била използвана предимно за научни цели. Трактатът се състои от седем части, като между тях са: за дробите; за умножението и делението; измерване на площи, обеми и разстояния; за изчисляване на данъци и т. н.

Първото изкуствено създадено от човека устройство за помощ при смятане е абакът[1].

2.1. Абак

Според лингвистите думата *абак* има семитски корен. Староеврейската дума *абак* означава *прах*. Древните гърци са наричали *ἄβακασ* дъска или плоча с гладка повърхност, върху която е насипан прах (т.е. ситен пясък). Върху дъската са изрисувани изчислителни линии, които представят разрядите на числата, а самите числа се означават чрез малки камъчета, пръчици или други подходящи предмети.

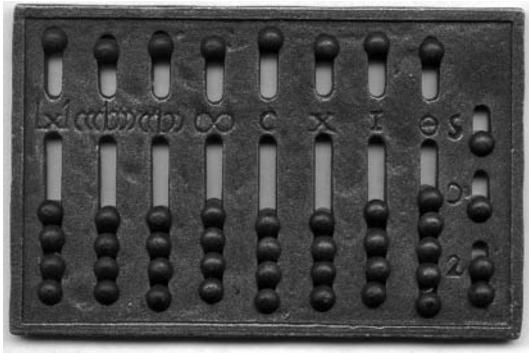
Не може да се каже точно кога и къде е започнало използването на абаци. Много е вероятно подобни помощни средства да са използвали още вавилонците във II хилядолетие пр. Хр. (по този начин биха могли да се обяснят



фиг. 3
Мраморният абак от Саламин

1 Под абак в тази книга ще разбираме всички сметачни уреди, които имат специални места за отделните числови разряди, а за изчисления се използват предмети като камъчета, топчета и т. н. — бел. авт.

както липсата на междинните изчисления в запазените до днес вавилонски математически текстове, така и липсата на знак за нула в тяхната бройна система, при абака липсата на предмет в съответния разряд означава нула).

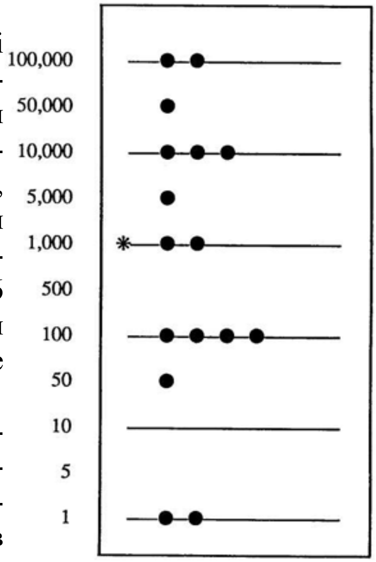


фиг. 4
Римски абак

Първите сигурни сведения за използването на абак са от V век пр. Хр. Гръцкият историк Херодот (484-424 г. пр. Хр.) описва как се правят изчисления с негова помощ. По това време абаци са се изполвали в Гърция, както и в Египет. В Гърция вероятно са донесени от финикийските търговци, които може би са заимствали идеята от Месопотамия.

Най-старият запазен до днес абак (от около III век пр. Хр.) е намерен през 1846 год. край гръцкия остров Саламин (фиг. 3) и представлява голяма мраморна плоча (170 на 75 см) с изчертани върху нея изчислителни линии. Този абак вероятно е използван за изчисления в петичната бройна система и за парични изчисления.

Древните римляни наричали абака calculi или abaculi (от calculus — кръгло гладко камъче), заради камъчетата, които използвали за смятане (фиг. 4). Както се вижда, римският абак има отделения за унции (1/12 част, озн. с Θ), единици (озн. с I) и т. н. до милион (озн. с IxI). Горните отделения служат за означаване на 5 единици от долните разряди (6 единици при унциите). Трите допълнителни отделения вдясно се използват за означаване на части от унцията (1/2, 1/4 и 1/6).



фиг. 5
Схема на европейски абак

През Средновековието в Европа има няколко учени, които популяризират изчисленията с абак. Най-известният от тях е несъмнено Жербер от Авриляк[1]. По това време в Европа се използва главно 12-колонен абак. Жербер предлага разновидност с 27 колони,

1 Френският учен и църковен деец Жербер д'Авриляк (ок. 950-1003) заема папския престол (999-1003) под името Силвестър II. След смъртта му за него остават легенди, че е бил магьосник и слуга на дявола (една от причините за това е, че е можел да смята наум, изключително умение за времето си) — бел. авт.

и препоръчва употребата на т. нар. „апекси“. Апексите са жетони, с изписани върху тях цифри от 1 до 9. Чрез тях числата се означават както биха били изписани в десетичната система, например числото 308 се означава с апекс за 3 в колоната на стотиците и апекс за 8 в колоната на единиците (апекс на нулата няма, за да се означи нула, се оставя празна колона).

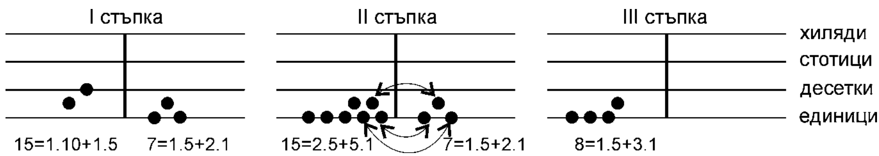
До XIII век в Европа се използва най-често абак от вида, показан на фиг. 5. На тази фигура е показано означаването на числото 287452. Дъската има най-малко шест линии, най-долната е за единиците, следващата—за десетките, третата—за стотиците и т. н. Ако жетонът е поставен не върху линия, а между две линии, той означава пет единици от долния разряд (линия). На една линия може да се поставят не повече от четири жетона, а между линиите—само по един жетон. Ако се появи пети жетон на линия, петицата се премахва и вместо нея се слага един жетон отгоре, между двете линии. Ако се появят два жетона между линиите, те се махат и вместо тях се слага един жетон на горната линия. Както става ясно, функцията на жетоните между линиите е да не се натрупват много жетони върху линия, защото както вече посочихме в първа глава, човешкото око и съзнание може да възприеме с един поглед не повече от четири-пет обекта от един и същи вид. Четвъртата линия (за хилядите) се маркира с кръстче или звездичка, за улесняване на окото.

По-късно (през XV век) широко разпространение в Западна Европа получава т. нар. *линейно сметало*. То представлява хоризонтално разграфена таблица, върху която се поставят специални жетони. Хоризонталните линии на таблицата съответстват на единиците, десетките, стотиците и т. н. Правилата за разположение на жетоните са същите, като посочените по-горе. Във вертикално направление таблицата се разграфява на няколко колони за отделните събираеми или множители.

Таблицата представлява дъска, или специална маса или пък просто една покривка, която се поставя върху обикновена маса.

На опростената схема на линейното сметало на фиг. 6 е показано как се извършва изваждането на две числа (15 – 7 = 8).

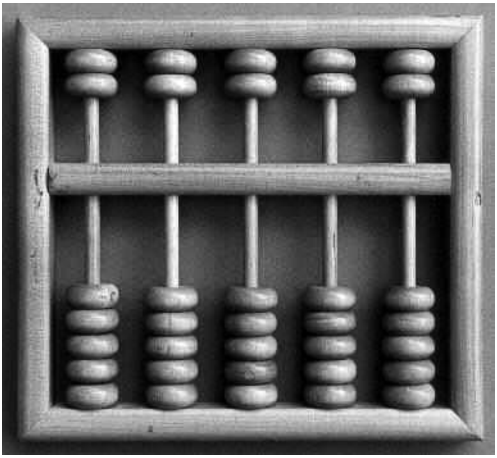
На първата стъпка се подреждат двете числа, отляво умаляемото 15, отдясно—умалителя 7. След това умаляемото се представя на същите позиции, на които е умалителя. Последната стъпка е да премахнем от умаля-



фиг. 6
Изваждането на 7 от 15 на линейна сметачна таблица

емото толкова жетона и от същите позиции, на които са в умаляемото (посочени със стрелки на схемата). Резултатът остава отляво.

Както се вижда, събирането и изваждането се правят сравнително лесно чрез абак. Умножението и делението обаче са доста по-трудни и макар че в различните части на Европа тези методи са се различавали, може да се каже, че са били базирани на познатите методи чрез удвояване, описани от Ахмес в Райндския папирус.

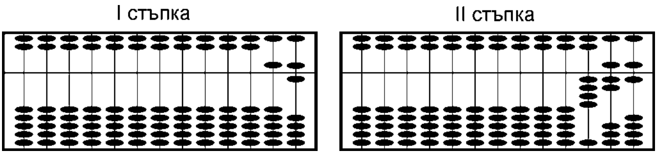


фиг. 7
Китайски абак — суанпан

С утвърждаването на индоарабската цифрова система в Европа, абаците започват постепенно да излизат от употреба. Този процес продължава обаче няколко века, а споровете и противоречията между привърженици на абака (т. нар. абакисти) и тези на ръчното смятане (т. нар. алгоритмици) са доста ожесточени (виж гравюрата на Грегор Райш *Видовете Аритметика* или *Боеций срещу Питагор* на фронтисписа, стр. 2).

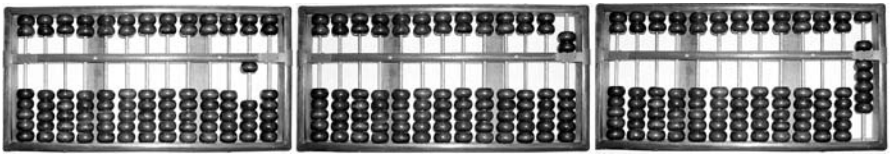
В предишната глава вече споменахме за постепенното усъвършенстване на китайската сметачна дъска (абак), което довежда до появата през IX или X век на първообраза на сметалото — китайският суанпан.

Суанпанът (фиг. 7) представлява правоъгълна рамка, в която са опънати различен брой (понякога до 20) успоредни един на друг телове или пръчки. Перпендикулярно на тях суанпанът е разделен на две части. В по-голямата, наречена *земя*, на всеки тел са нанизани по пет топчета, в по-малката — *небе* има по две топчета. Както изглежда, броят на първите топчета съответства на броя на пръстите на ръката, а на вторите — на броя на ръцете. Теловете съответстват на десетичните разряди, най-десният — на единиците, този до него — на десетиците и т. н. Топчетата в *земята* имат стойност единица умножена по съответната тежест на разряда, а тези в *небето* — петица, умножена по тежестта на разряда.



фиг. 8
Умножение със суанпан (68.7=476)

Нека направим с помощта на суанпан едно умножение, например 68.7 = 476 (фиг. 8).



фиг. 9
Три начина за представяне на числото 10 със суанпан

Умножаваме първо единиците на множимото и множителя — 8.7 = 56 и нагласяме 56 като вдигаме нагоре едно топче от *земята* и сваляме надолу едно топче от *небето* на колоната за единиците (5+1 = 6), и сваляме надолу едно топче от *небето* на втората колона (5.10 = 50). След това умножаваме десетиците на множимото по множителя (6.7 = 42) и добавяме две единици в колоната на десетиците (вдигаме нагоре две топчета) и четири единици към колоната на стотиците (вдигаме нагоре четири топчета). Получаваме резултата 476.

Ако разгледате внимателно принципа на изобразяване на числата в суанпана, сигурно ще забележите, че в него има известен „излишък“. Например числото 10 може да бъде изобразено по три начина, както е показано на фиг. 9. Този излишък се използва за опростяване на преноса на единица от по-младшия към по-старшия разряд или заемане от по-старшия към по-младшия.

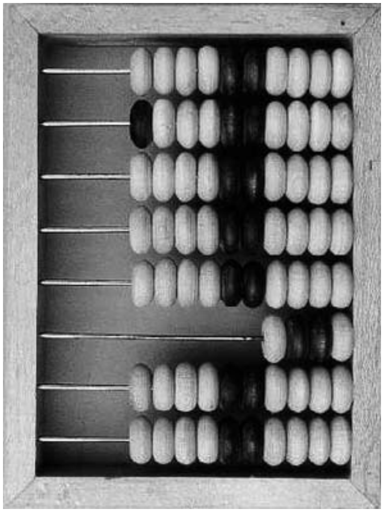
От Китай вероятно през XV век суанпанът прониква в Япония, а малко по-късно вече се среща и в Европа, най-вече в Русия. Японският абак, наречен соробан, постепенно бива опростен — броят на топчетата на *небето* е намален до едно, а на тези на *земята* — до четири (фиг. 10). По този начин соробанът вече няма „излишъка“, който съществува в суанпана.

Последната разновидност на абака, която все още се използва в наши дни е руското сметало (русские счеты) (фиг. 11). Преди няколко века то също е имало отделения, но постепенно те се премахват и броят на топчетата се увеличава на десет, а броят на разрядите — до тринадесет. Движението на топчетата за разлика от другите сметала е хоризонтално. Един или два от разрядите са с по четири топчета и се използват за изчисление с дроби (1/4 рубли или копейки). Разрядът с четири топчета може също да се използва като десетична запетая, в този случай над него са единиците, десетиците и т. н., а под него десети, стотни и т. н.

фиг. 10
Японски абак — соробан

Сметало от този тип се използваше

до преди няколко десетилетия и в България, но сега може да се намери само в ученическите чанти и то рядко.



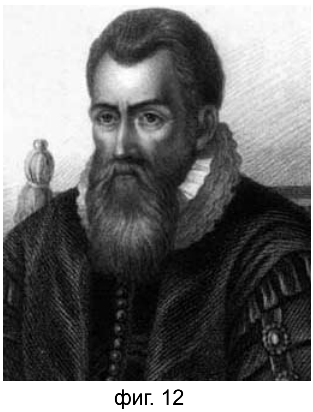
фиг. 11
Русские счеты

И за да завърша темата за абака, ще ви разкажа за едно интересно състезание за бързина на изчисленията, проведено през 1946 год. в Япония. Единият състезател е американският военнослужещ редник Том Уд, екипиран с най-модерния за времето си механичен калкулатор с електрическо задвижване, а другият — опитният изчислител със соробан — японецът Киоши Мацузаке.

Състезанието се провежда в пет кръга — събиране, изваждане, умножение, деление и смесени действия с числа, като в четири от тях побеждава японеца. Единственият кръг, който е бил спечелен от американеца е този за умножението на числа.

Нещата сигурно са се променили малко след появата на електронните калкулатори, но все още доброто старо сметало може да съперничи по бързина на простите изчисления с който и да е калкулатор.

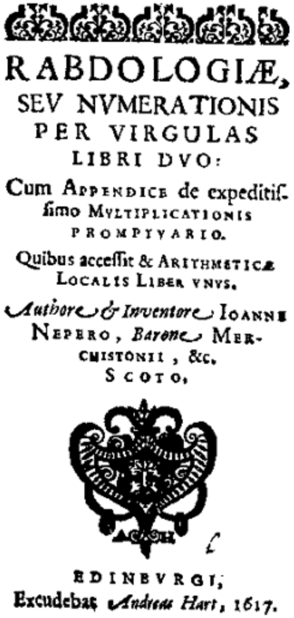
2.2. Костите на Непер



фиг. 12
Джон Непер (1550-1617)

Джон Непер (фиг. 12), осмият лорд на Мъркистън, е роден през 1550 год. в замъка Мъркистън край Единбъро, Шотландия. На 13 години постъпва в най-стария шотландски университет „Сент Ендрюс“, където изучава граматика, логика, теология, право, етика, физика и математика. През 1566 година заминава за континентална Европа, където посещава университети вероятно в Холандия, Франция, Германия и Швейцария. След като се връща в Шотландия през 1571 година, Непер продължава до края на живота си научните занимания, започнати в университета.

Въпреки, че през по-голямата част от живота си се занимава с математически изследвания и изобретения, за най-ценен


RABDOLOGIÆ,
SEV NVMERATIONIS
PER VIRGULAS
LIBRI DVO:
Cum Appendice de expeditis-
simo Multiplicationis
Promptuario.
Quibus accessit & Arithmeticæ
Localis Liber vnus.
Authore & Inventore Ioanne
Nepero, Barone Mer-
chistonii, &c.
Scoto.

Edinburgi,
Excudebat Andreas Hart, 1617.

фиг. 13
Заглавната страница на *Рабдология*

свой труд Непер счита една своя книга на религиозна тематика[1], в която доказва между другото, че краят на света ще настъпи между 1688 и 1700 година. Този факт обаче не бива да озадачава нас, съвременните хора, като си припомним какви „научни“ проблясъци са имали други известни ренесансови учени. Гениалният астроном Кеплер например съставял хороскопи, великият математик и физик Нютон също като Непер посвещава години от живота на изчисления за деня на „Страшния съд“, „бащата“ на геологията датчанинът Нилс Стенсен се опитва да свърже своята геоложка история с библейския потоп и т. н. Освен опитите си да предсказва бъдещето, Непер се интересува от астрономия, изобретява различни както полезни (водна помпа), така и фантастични машини (танк, подводница, оръдие с блуждаещи снаряди), прави алхимически опити, опитвайки се да открие „философския камък“.

За Непер заниманията с наука са хоби и той се стреми да изпипа всичко до най-малката подробност (за разлика от голяма част от учените по това време), затова неговите трактати излизат на бял свят десетилетия, след като са били написани. Знаменитият му труд за логаритмите, които ще разгледаме малко по-късно, излиза през 1614, макар че идеята за логаритмите Непер започва да разработва вероятно още през 1590 год. В предговора на публикуваната през 1617 год. книга *Rabdologiae seu Numerationis per Virgulas libri duo* (Две книги за смятането с помощта на пръчки) (фиг. 13) Непер пише, че се съгласил книгата му да бъде публикувана само защото пръчиците много са се харесали на приятелите му и са получили широко разпространение, включително и в чужбина.

Терминът *рабдология* идва от гръцките думи ραβδος (пръчка) и λόγος (дума). Изобретеният от Непер метод за смятане с помощта на пръчки[2] (фиг. 14) улеснява много умножението и делението, като позволява да се сведе първото действие до събиране, а второто — до изваждане.

В предговора към *Рабдология* Непер пише, че е изобретил пръчиците си за онези, които вместо с логаритми, предпочитат да смятат с естест-

1 A plain discovery of the whole revelation of St. John, изд. 1593 год в Единбъро — бел. авт.

2 Всъщност първите *пръчки на Непер* са били изработени от слонова кост, затова са били наречени *кости на Непер*, по-късно обаче се утвърждава името *пръчки на Непер* — бел. авт.

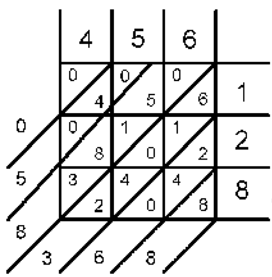
вени числа. И наистина, дори след популяризирането на логаритмите и публикуването на подробни таблици, все още много хора предпочитат да смятат с помощта на *пръчките на Непер*, а не чрез метода на логаритмите.

фиг. 14
Пръчки на Непер

Непер вероятно е базирал изобретението си на един често използван по това време начин на умножение, описан някои книги[1]. В своята книга Пачоли освен начини на смятане с помощта на пръстите описва метода за умножение *джелосиа*[2]. Този метод е бил измислен от индийски математици, след което е пренесен в Китай и арабските държави, откъдето е проникнал в Европа. Описан е в издадения през 1010 год. трактат *Кафи фил Хисаб* на персийския математик Ал-Караджи (953-1029). Методът се състои в следното:

Сметачната дъска (или просто лист хартия) се разчертава на мрежа от квадрати, разделени с диагонали (фиг. 15). Отгоре и отдясно на мрежата се записват двата множителя, а междинните произведения се записват в квадратите така, че диагоналът разделя единиците от десетиците. Десетиците се записват в горния ляв триъгълник, а единиците — в долния десен. За да се получи произведението, числата по диагоналите се събират и резултатът се записва отляво на мрежата (старшите разряди) и отдолу (младшите разряди).

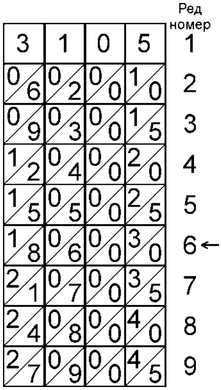
На фиг. 15 е показан пример за умножение чрез този метод на две числа — 456 и 128. Тъй като и двете числа са трицифрени, правим си една решетка три на три квадратчета, отгоре изписваме едното, а отдясно — другото число. В разделените на две по диагонала клетки изписваме произведенията на цифрата най-отгоре на съответната колона на решетката и тази най-вдясно на съответния ред на решетката, като в горната лява половина изписваме десетиците (или нула, ако няма десетици), а в долната дясна половина изписваме единиците. След това продължаваме диагоналите и сумираме цифрите във всеки диагонал, като започваме от единиците и при необходимост пренасяме десетиците към следващия диагонал. Така получаваме резултата — 456.128 = 058368. Умножението беше



фиг. 15
Умножение по метода *джелосиа*

1 Например в книгата на известния италиански математик — францисканския монах Лука Пачоли (1445-1517) — Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni et Proportionalita (всичко за аритметиката, геометрията...), издадена през 1494 год. във Венеция — бел. авт.

2 От италианската дума gelosia (ревност), от която идва и названието на щорите тип *жалузи* — б. а.



фиг. 16
Умножение с пръчките на Непер

извършено чрез сумиране.

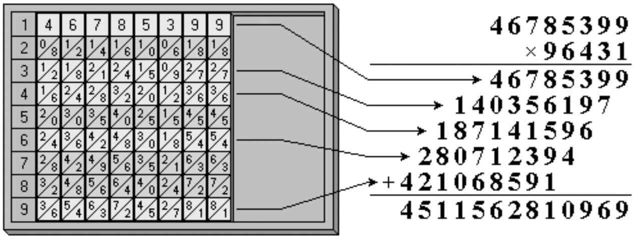
Непер се досетил, че можем да направим колони с всички възможни клетки от решетката *джелосиа*, като по този начин си спестим ръчното правене на решетките и попълване на квадратчетата. Тези пръчици във формата на паралелепипед били наречени по-късно *Неперови пръчки*.

Нека например да умножим с тяхна помощ 3105 по 6. Подреждаме една до друга четирите пръчки за 3, 1, 0 и 5 (фиг. 16). Разглеждаме реда, който съответства на множителя 6 (означен със стрелка). Започваме отдясно, като взимаме първо нулата от долната дясна част на първата клетка. Това ще бъде най-младшата цифра от резултата. След това събираме тройката от лявата част на първата клетка с нулата от дясната част на втората клетка. Продължаваме да събираме цифрите по диагонали и получаваме числото 18630, което е търсения резултат.

При умножение на число, в което има еднакви цифри, са необходими еднакви пръчици. Затова Непер предложил пръчките да се правят във вид на паралелепипед, върху четирите странични стени на който да се залепят четири лентички по такъв начин, че първата пръчка да съдържа ленти за 0, 1, 9 и 8; втората — за 0, 2, 9 и 7 и т. н. до последната, съдържаща ленти за 3, 4, 6 и 5. По такъв начин всяка пръчка имала на противоположните си стени ленти за някоя цифра и нейното допълнение до 9.

Когато множителят е многозначен, получените с помощта на *пръчките* отделни произведения се преписват както и днес при писменото умножение — с изместване на един разряд, след което се събират.

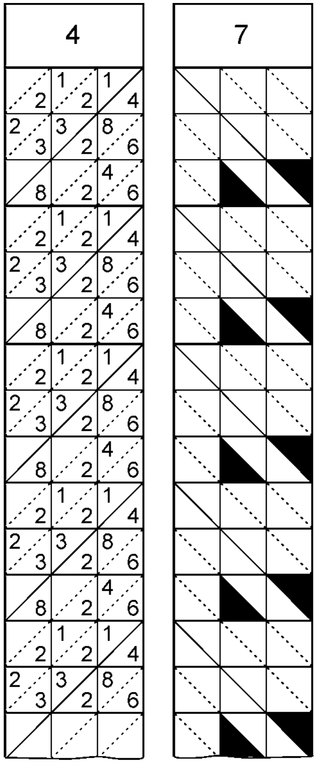
На фиг. 17 е показано умножението на две многозначни числа (46785399 и 96431) с *пръчките на Непер*. Нареждаме пръчките на множимото една до друга. Първо умножаваме множимото по единиците на множителя и записваме резултата. След това множимото по десетиците и записваме резултата под предишния, измествайки го с един разряд наляво и т. н., докато изчерпим всички цифри на множителя. След което остава само да съберем всички числа и да получим резултата от



фиг. 17
Умножение на многозначни числа с пръчки на Непер

умножението, който в случая е 4511562810969.

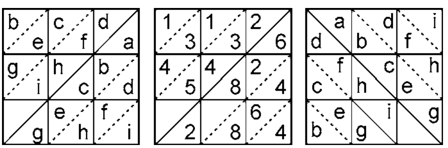
Какво виждате, при умножение на многозначни числа предимството на *пръчките на Непер* пред решетката *джелосиа*, където се налагаше да се прави схема, но след това резултатът от умножението на многозначни числа се получаваше по-бързо, не е толкова значително. При деление с помощта на *пръчките* също не се печели много, защото алгоритъмът на действие е същият, който използваме днес, улеснението е само при пресмятане на частичните произведения на делителя. Затова Непер се опитва да подобри изчисленията с многозначни числа, като в първото приложение към *Рабдология* предлага специален комплект от *пръчки*, който нарича *уред за умножение на много големи числа* или *кутия за умножение*.



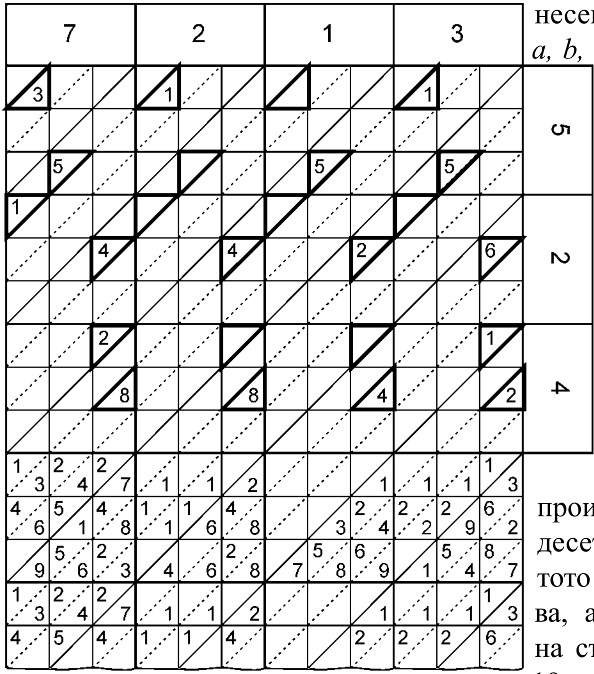
фиг. 18
Вляво — дебела пръчка,
вдясно — тънка пръчка

Уредът съдържа сто дебели и сто тънки пръчки, поставени в специална кутия (в един комплект има по 10 пръчки за всяка цифра). Дебелината на дебелата пръчица е 5 мм, а на тънката — 2,5 мм. Страничната стеничка на всяка пръчица е разделена на 10 квадрата и два правоъгълника (в горната и долната част на стеничката), в които са нанесени цифрите от 0 до 9. От своя страна квадратите са разделени на триъгълници: на дебелите пръчици — с диагонал, прекаран от десния горен ъгъл към левия долен, а на тънките — с диагонал от левия горен ъгъл към десния долен (на фиг. 18 са показани части от две пръчки, вляво — дебела за цифрата 4, а вдясно — тънка за цифрата 7, с черно са означени изрязаните триъгълници).

Дебелите пръчици са запълнени с цифри (или незапълнени за нулевите), а на тънките са направени отвори (без отвори за нулевите). Квадратите на пръчиците, които са означени с цифра, различна от 0, са разделени на 9 по-малки квадрата, а всеки от тези квадрати с помощта на диагонал, успореден на вече прекарания в големия квадрат, е разделен на два триъгълника. В получените триъгълници са на-



фиг. 19
Вляво — разположение на буквите за дебела пръчка
В средата — квадрат от пръчка за 6
Вдясно — разположение на буквите за тънка пръчка



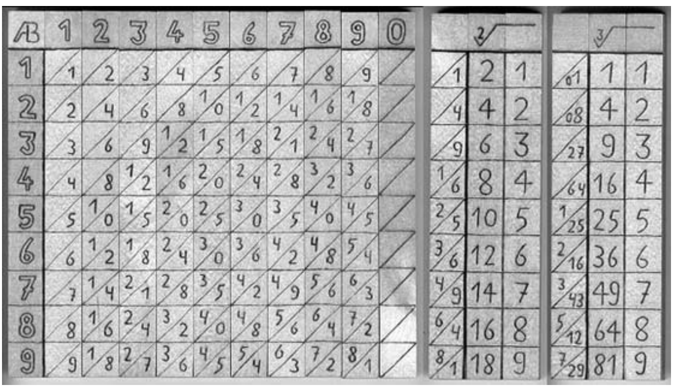
фиг. 20
Умножение на 7213 и 524 = 3779612

несени цифри според буквите *a, b, c,..., i*, показани на фиг. 19 вляво, по следното правило:

На дебелите пръчици се изписват цифри, кратни на цифрата, с която е отбелязана пръчицата: самата цифра се изписва на мястото на буквата *a*, удвоената цифра — на мястото на буквите *b*, утроената — на мястото на *c* и т. н. При това, ако съответното произведение е двуцифрено, десетиците се изписват на мястото на съответната горна буква, а единиците — на мястото на съответната долна. На фиг. 19 в средата е показан квадрат от пръчката за цифрата 6.

В тънката пръчица, отбелязана с цифрата 1, отворите се изрязват на мястото на триъгълниците, означени с буквата *a*; ако тънката пръчица е отбелязана с цифрата 2, отворите се изрязват на мястото на тригълниците, означени с буквата *b*, и т. н. Разположението на буквите в триъгълниците, отговарящи на тънките пръчици, е показано на фиг. 19 вдясно.

При умножение дебелата пръчка се допира до тънката така, че диагоналите на двата големи квадрата да съвпадат (тънките пръчки се завъртат на 90 градуса). Тогава през отворите на тънката пръчка ще се виждат цифрите



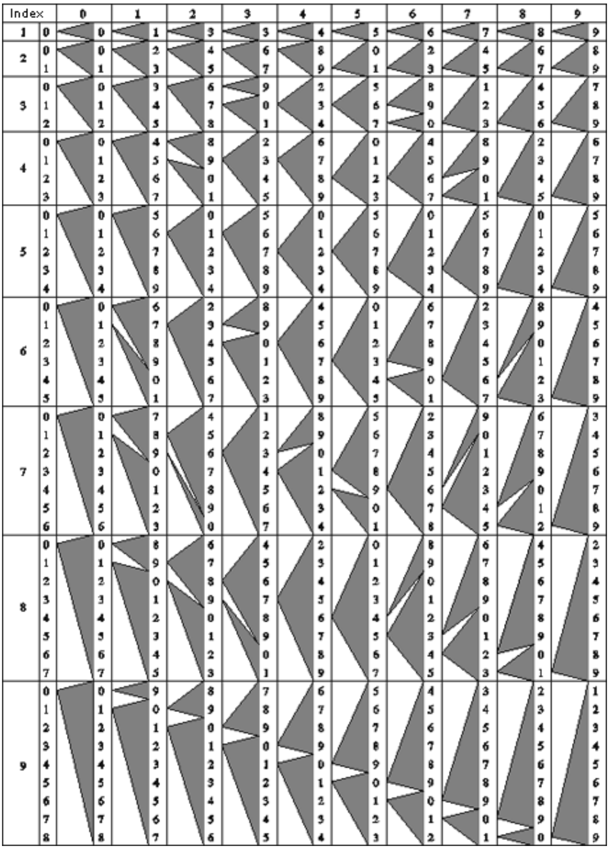
фиг. 21
Модерна версия на пръчките на Непер (включени са пръчки за извличане на квадратен и кубичен корен)

от произведението на числата, с които са отбелязани тези пръчици. Празният триъгълник (или липсата на отвор) отговаря на нула.

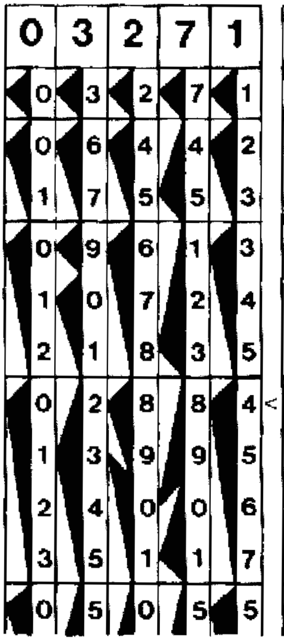
На фиг. 20 е показано умножението на числата 7213 и 524. Първо се подреждат в необходимата последователност дебелите пръчки, съответстващи на цифрите на множимото. Тънките пръчки, съответстващи на множителя, се поставят отгоре и напречно на дебелите, като се завъртат на 90^0 така, че диагоналите на квадратите върху тънките и дебелите пръчки да съвпаднат. Цифрите на резултата се получават чрез събиране на видимите цифри (на фигурата се виждат в удебелените триъгълници) в ивицата между два съседни диагонала, като се започва от долния десен ъгъл.

В описанието на *кутията за умножение* Непер казва, че тя може да се използва и за деление. За целта той предлага „да се обърне делителят" (т. е. да се пресметне реципрочната му стойност) с помощта на тригонометрична таблица. След това се прави умножение с помощта на *кутията*. Единственият недостатък на този метод е липсата на правило за пресмятане мястото на десетичната запетая в частното.

В следващите няколко века много изобретатели правят опити за усъвършенстване на *пръчиците*. Може би най-успешния опит е на двама французи — Анри Женай и Едуар Люка, които измислят през 1891 год. група от линийки, правещи излишно сумирането на цифрите по диагонали, както е при Неперовия метод (фиг. 22). Комплектът на Женай-Люка съдържа 11 летвички. При едната от тях (означена с Index на фигурата) се използва само едната стена, която отговаря на множителя.



фиг. 22
Линиите на Женай-Люка за умножение



3271 × 4 = 13084

фиг. 23
Умножение с линийките на Женай-Люка

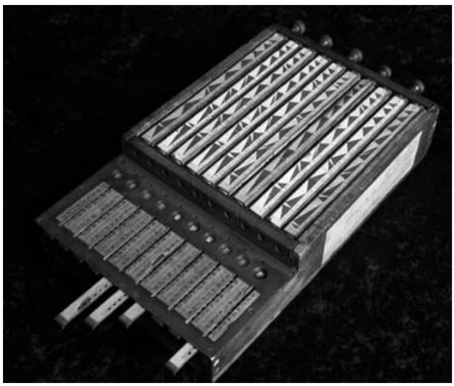
Тя се състои от 9 правоъгълника (за цифрите от 1 до 9) с височина, пропорционална на съответната цифра.

При останалите 10 летвички се използват и четирите им странични стени, като всяка стена на дадена летва е за различна цифра на множимото. В най-горната част на стената е изписана цифрата на множимото, по-надолу всяка колона е разделена на два вертикални стълба.

Умножението се извършва, като се наредят една до друга летвичките с цифрите на множимото и се започва отдясно наляво по стрелките (тъмните триъгълници в левия стълб на летвичката за всяка цифра на множимото) да се чете резултата, като първо са единиците, след това десетиците и т. н.

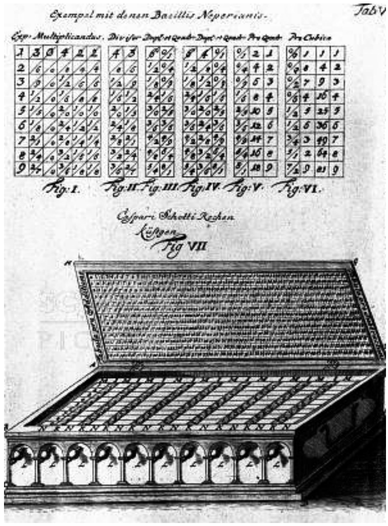
Ето как би изглеждало умножението на две числа (3271 и 4) с линийките на Женай-Люка (фиг. 23). Подреждаме една до друга линийките за множимото и индексната линия, като отпред слагаме задължително нулева линийка — 0, 3, 2, 7 и 1. След това започваме отдясно наляво да четем от четворката на индексната линия (защото множителят е 4) — 4, после наляво по черните стрелки идват 8, 0, 3 и накрая 1 и така получаваме резултата — 13084, без да правим никакво аритметично действие.

Подобни, макар и малко по-сложни линийки е имало и за делението на две числа. Линийките на Женай-Люка стават много популярни, особено във Франция, и на тяхна основа са изработени различни помощни устройства (фиг. 24),



фиг. 24
Умножително устройство, базирано на линиите на Женай-Люка

Идеята на Непер за пръчките, макар и да изглежда твърде проста, е оказала значително влияние в по-нататъшната история на сметачните устройства. Само няколко години след публикуването на *Рабдология* изобретателят Вилхелм Шикард (с когото ще се запознаем в следващата глава), който е бил запознат с *пръчките на Непер*, както личи от кореспонденцията му с Йохан Кеплер, поставя в горната част на своята сметачна машина *пръчки* с цилиндрична форма, използвани за умножение.



фиг. 25
Сметачният уред на Кирхер, описан в *Математическият орган*

Около 1660 год. известният немски учен Атанасиус Кирхер (1602-1680) проектира комплект от математически инструменти, предназначени за обучението на австрийския ерцхерцог Карл фон Хабсбург. Този комплект е описан в една издадена по-късно от неговия ученик Каспар Шот книга[1]. Единият от тези инструменти представлява сметачен уред (фиг. 25), състоящ се от десет цилиндъра, върху стените на които са залепени по десет *пръчки на Непер*. Цилиндрите са разположени в кутия, затворена отгоре с разчертан лист картон с тесни вертикални прорези, през които чрез завъртане на цилиндрите с ръчки се нагласят нужните *пръчки*, като по този начин се установява множимото. На вътрешната стена на капака, който се отваря нагоре, е поставена спомагателна таблица.

През 1678 год. цилиндрични *пръчки на Непер* използвал в своята *Нова аритметична машина* (разгледана в следващата глава) френският механик Рене Грийе дьо Рован.

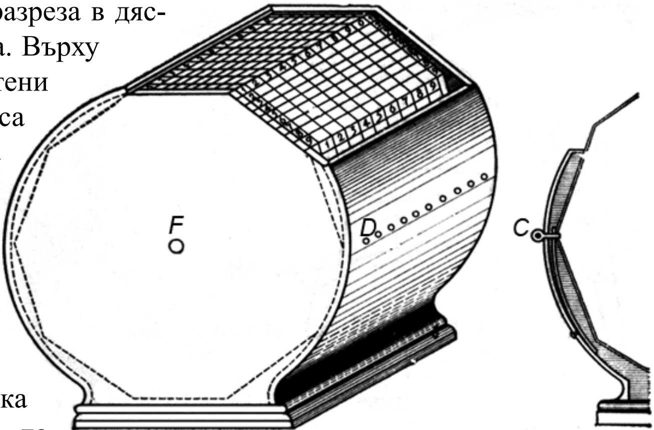
Изчислителен цилиндър с *пръчки на Непер* изобретил и друг френски учен — Пиер Пти (1594-1677). Пти налепил хартиени лентички с начертани върху тях пръчици върху картонени ленти и направил механизъм, в който картонените ленти се движат по оста на цилиндъра.

Уредите на Кирхер и Пти представляват интересни, но твърде елементарни опити за улесняване на работата с пръчките на Непер, затова бързо били забравени. За разлика от тях обаче, уредът на споменатия вече Якоб Лойполд е значително по-добре конструиран (фиг. 26), макар също да не намира широко практическо приложение.

Барабанът на Лойполд се състои от 11 десетостенни диска, монтирани на обща ос (означена с *F* на схемата). Крайният десен диск е неподвижен, а останалите десет могат свободно да се въртят с ръка. На кожуха на уреда има десет кръгли отвора (*D*), които служат за фиксиране на ъгловото положение на дисковете, чрез вкарване в съответния отвор на щифтове (*C*),

1 Organum mathematicum (Математическият орган), изд. 1668 год. във Вюрцбург, Германия — б. а.

както е показано на разреза в дясната част на фигурата. Върху всяка от десетте стени на въртящия се диск са нанесени цифрите на една и съща пръчка на Непер, а върху страничната стена на неподвижния диск, обърнат към наблюдателя — колонка от цифрите от едно до девет. Множимото се набирало посредством завъртане на съответните дискове и фиксирането им с помощта на щифтовете срещу неподвижната колонка от цифри (множители) от неподвижния диск.



фиг. 26
Барабанът на Лойполд

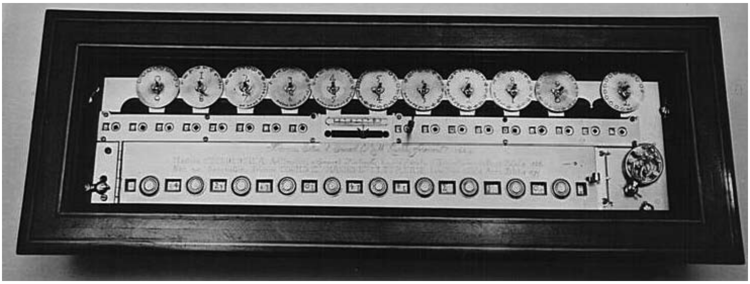
През 1673 год. известният английски изобретател Семюъл Морленд, публикува един трактат[1], в които описва два изобретени от него изчислителни уреда. Първият от тях—т. нар. *умножителна машина* (фиг. 27) използва принципа на действие на *пръчките на Непер*, проектиран е от Морленд през 1664 год. и е изработен две години по-късно от известните лондонски механици Хенри Сатън и Семюъл Книб.

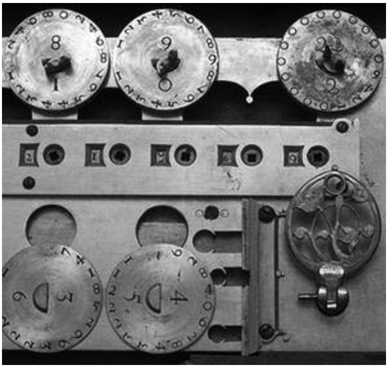
Какво е устройството на *умножителната машина*? Цифрите на всяка от десетте *пръчки на Непер* са разположени по периферията на десет тънки метални диска, така че единиците и десетиците са на противоположните краища на кръга. В уреда има две редици оси, горните са неподвижни, а долните могат да се въртят. В редицата от прозорчета, която се намира между двете оси могат да се нагласят числа, т. е. тя служи като механична памет. За изпълнение на операцията умножение съответните дискове се снемат от горните статични оси и се пренасят на долните работни. Всяка от долните оси продължава в машината с малко зъбно колело, което се зацепва със зъбна рейка. Тази рейка може да се премества в надлъжно направление с помощта на ключа, който се вижда на долната дясна част от фигурата, а нейното движение се отбелязва със стрелка, която се премества по скала.

След нагласяване на необходимите дискове (според цифрите на множимото) долната част на машината се закрива с капак, в който има наблю-

1 The Description and Use of Two Arithmetick Instruments (Описание и употреба на два аритметични инструмента), изд. в Лондон, 1673 год.—бел. авт.

фиг. 27 Умножителната машина на Морленд (в *Музея по История на Науката* във Флоренция) (горе — с поставен капак, долу — без капак)





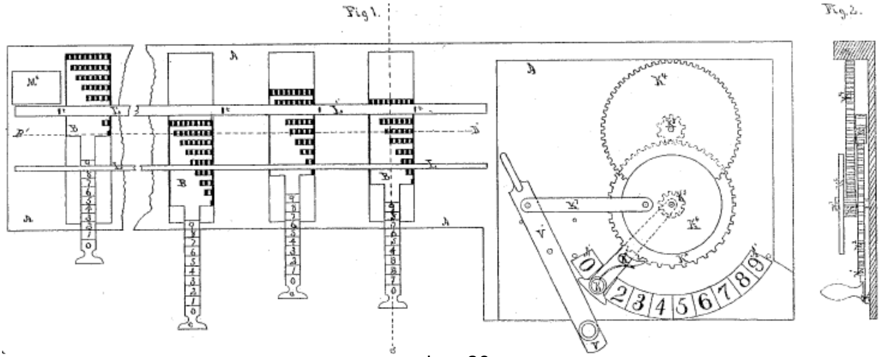
дателни прозорчета. Ключът се върти от изчисляващия, докато стрелката не спре срещу цифрата на множителя върху скалата, като при това въртене зъбната рейка се движи и завърта зацепените с нея колела. Тогава в долната редица прозорчета се вижда резултата от умножението. За многоцифрени множители, тези действия се повтарят, докато се изчерпят всички цифри.

Умножителната машина на Морленд само опростява отчитането на междинните резултати при използване на *пръчките на Непер*, но тя (както и другите му машини) прави голямо впечатление на съвременниците му преди всичко с красотата си. Изработена е от сребро, позлатен месинг, има красив стъклен капак, истинско произведение на изкуството.

Към сметачните машини, пряко повлияни от принципа на действие на *пръчките на Непер* бихме могли да отнесем и един специален клас механични сметачни машини, станали популярни във втората половина на XIX век. Това са т. нар. *директно-умножаващи* машини. Наричат се така, защото при тях умножението (и делението) се извършва посредством едно действие, а не както при другите тогавашни машини — чрез последователно събиране (изваждане за делението).

Първата машина от този вид (фиг. 28) е описана в два патента от 1872 год. на американеца Едмънд Барбър. Машината е осемразрядна. Въвеждането на множимото става чрез плъзгачите в лявата част на схемата, а на множителя — цифра по цифра от най-младшата към най-старшата чрез лостчето над скалата в дясната част. По този начин се прави връзка между изчислителните механизми и зъбите на плъзгачите, представящи множимото. Няма сведения дали е бил изработен прототип на устройството.

През 1878 год. живеещият в Ню Йорк испански журналист и писател



фиг. 28
Патентната схема на машината на Барбър (1872 год.)

Рамон Вереа Гарсиа (1833-1899) патентова подобна машина (фиг. 29). Той дори изработва прототип, който е експониран и печели златен медал от една изложба в Куба през същата година, за него е публикувана и статия в списанието Scientific American.

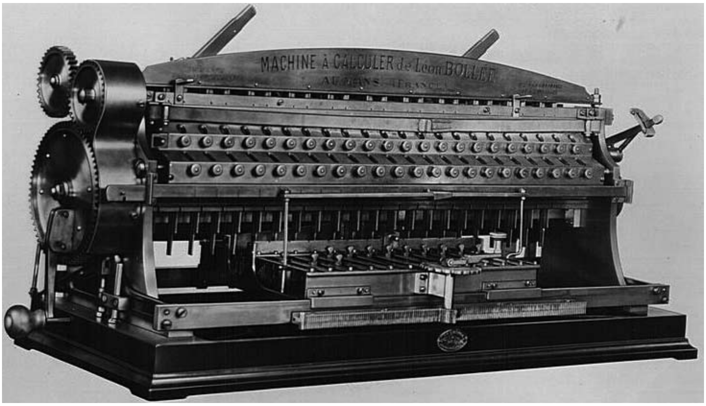
Новаторските машини на Едмънд Барбър и Рамон Вереа остават неизвестни за широката публика, за разлика от създадената от френският изобретател Леон Боле (1870-1913) умножителна машина (фиг. 30).

През 1888 год. осемнадесетгодишният изобретател представя пред Френската академия на науките своята машина. Неговата идея е да се представят *пръчките на Непер* посредством цилиндрични пръчки (щифтове) с различна височина, закрепени на плоска метална пластинка. Отделните произведения се представят от две пластини: едната съответства на единиците (фиг. 31), а другата — на десетиците. Височината на пръчките в определен мащаб се равнява на цифрата, стояща в съответния разряд на произведението. Пластинката с тези пръчки-щифтове се премества така, че щифтовете се натъкват на зъбни рейки и ги преместват на различно разстояние в зависимост от височината на щифта. Съответно на различен брой зъби се завъртат колелата на брояча, зацепени за зъбните рейки.

фиг. 29
Машината на Рамон Вереа

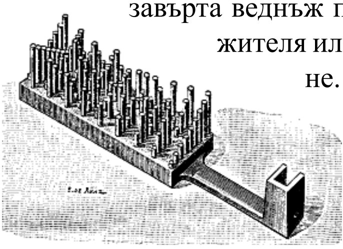
На идеята на Боле е базирана и последната *директно-умножаваща* машина, която ще разгледаме (фиг. 32). Тя е създадена през 1892 год. от немският изобретател Ото Щайгер, който усъвършенства конструкцията на Боле.

От изобразения на фиг. 33 преден панел на машината можем да проследим принципа на работа. С помощта на регулиращата ръчка *U* машината се нагласят за различните аритметични операции (събиране, изваждане, умножение и деление).



фиг. 30
Умножителната машина на Леон Боле

Ръчката *K* се завърта веднъж по посока на стрелката за всяка цифра на множителя или делителя, или за всяко събиране или изваждане.



фиг. 31
Пластинката за единиците от машината на Боле

Чрез умножителната ръчка *H* се нагласява цифрата на множителя или делимото, за събиране и изваждане се нагласява на *1*.

Чрез осемте плъзгача *e-e* се въвеждат събираемото, умаляемото, множимото или делимото. В прозорчетата *b-b* се контролира правилността на въведеното число.

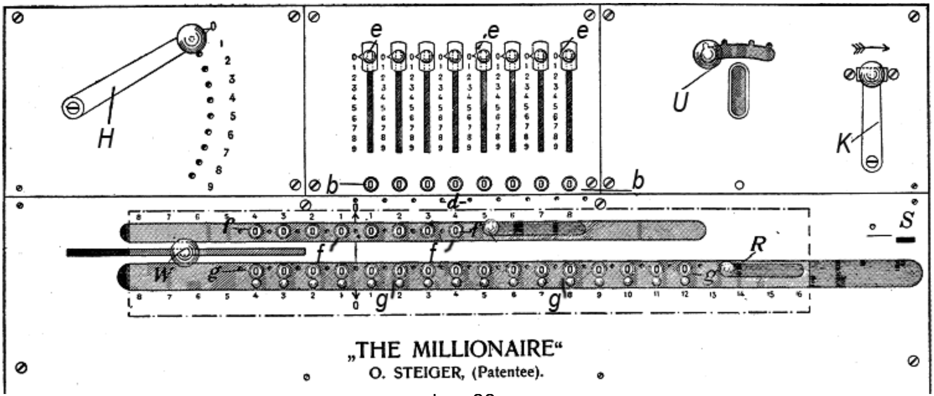
В контролиращите прозорчета *f-f* се показват автоматично множителя или делимото, докато се завърти ръчката.

фиг. 32
Машината *millionaire* на Ото Щайгер

В резултатните прозорчета *g-g* се вижда сумата, остатъка, произведението или частното. Тези числа могат да се нагласят и ръчно чрез бутоните отдолу.

Изчислителният механизъм се състои от три части:

1. Умножителен механизъм
2. Механизъм за пренос
3. Регистриращ (броячен) механизъм, който се състои от две части: индикаторите *g-g*, които показват резултата, и индикаторите *f-f*, които показват множителя и



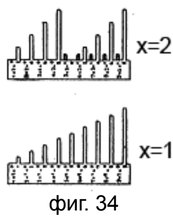
фиг. 33
Предния панел на *Милионер*

са само за удобство

Умножителният механизъм се базира на девет месингови пластинки-пръчици, които Щайгер нарекъл *множителен конгломерат*, разположени една над друга и съединени помежду си. Първата представя произведенията на числото 1 с числата от 1 до 9, втората — произведенията на числото 2 с числата от 1 до 9 и т. н., като за единиците и десетиците всяка пластинка има отделни езичета (на фиг. 34 са показани пластинките за 1 и 2, езичетата за десетиците са щриховани, а тези за единиците са само с контур).

Механизмът за пренос се състои от девет назъбени рейки и девет зъбни колелца, поставени на напречни оси, които се придвижват от плъзгачите *e*, като по този начин могат да се зацепят с всяка от деветте назъбени рейки за дадена стойност на множителя. На всяка от осите има двойка колела с конична форма, които предават движението към регистриращия механизъм.

Конгломератът може да се движи в три направления. Първото е вертикално, което се предава от ръчката *H*. Ако тази ръчка се нагласи например на цифрата 8, тогава конгломератът, движейки се във вертикално направление (ако се гледа отгоре откъм капака), ще заеме такова положение, че неговата пластинка 8 ще се окаже в една равнина със зъбните рейки. Второто движение на конгломерата е в хоризонтално направление и се предизвиква от въртенето на ръчката *K*. По време на пълния оборот на ръчката конгломератът прави двукратно движение напред и назад. При първото движение се пренасят десетиците, като при това езичетата на пластинката от конгломерата, които се намират в една равнина с рейките, се сблъскват с тях и ги преместват надясно на разстояние, съответстващо на дължината на езичетата. След това множителният конгломерат мърда нагоре, така че при



фиг. 34
Пластинки от множителния конгломерат

следващото движение на рейките да се зацепят езичетата на единиците и добавят към вече записаните десетици.

Тази машина е най-успешния представител на класа на директно-умножаващите машини. Продава под търговската марка *millionaire* и се отличава с надеждна и здрава конструкция и завидна за времето си бързина на изчисленията (например умножението на две осемцифрени числа е отнемало на опитен оператор не повече от седем секунди). Поради тези свои предимства и въпреки високата си цена[1] машината има голям пазарен успех и се произвежда от швейцарската фирма Hans Egli в продължение на цели 40 години (от 1895 до 1935 год.), като са продадени повече от 4700 броя.

фиг. 35
Заглавната страница на
Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio

2.3. Смятане чрез логаритми

През 1614 година в една малка книжка (фиг. 35), състояща се от 57 страници текст и 99 страници таблици, излиза трудът на Джон Непер *Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio* (Описание на удивителните таблици на логаритмите). Както повечето научни трактати по това време той е бил на латински език, но поради изключително големия интерес към него, само две години по-късно е преведен на английски.

Както вече споменахме в тази глава, Непер вероятно започва разработването на логаритмите още през 1590 год.[2]

В своя труд Непер предлага метод, чрез който сложните аритметични

1 Например в САЩ най-усъвършенстваният модел на машината е струвал в началото на XX век цели 1100 $ и въпреки тази висока за времето си цена (имайте предвид, че първата масова кола в света—Ford модел T, се е продавала тогава за 850$) се е ползвал широко от правителствените служби—бел. авт.

2 Някои историци твърдят, че швейцарският часовникар и математик Йост Бюрги (1552-1632) е стигнал до идеята за логаритмите преди Непер, още през 1588 год. (така се твърди и в един ръкопис на Кеплер от 1627 год., според който „Йост Бюрги е посочил пътя точно към такива логаритми много преди публикациите на Непер“). Бюрги обаче не е публикувал откритието си веднага, а чак през 1620 год. в книгата си Arithmetische und geomitrische progress-tabulen, изд. в Прага, 1620 год., по времето, когато логаритмите на Непер вече са широко известни в цяла Европа—бел. авт

действия като умножение, деление и извличане на корен се свеждат до събиране и изваждане. Този метод е базиран на много проста идея и както и при изобретяването на пръчките Непер доказва известната истина, че от простото до гениалното има само една крачка, която за съжаление много малко хора успяват да направят.

Непер не посочва с какви източници е боравил, за да изведе теорията на логаритмите. Най-вероятно той е бил добре запознат с методът *простаферезис*, използван за намиране произведението на тригонометрични функции с помощта на формулите:

$$\sin x \, . \, \sin y = [\cos(x - y) - \cos(x + y)] / 2$$

$$\cos x \, . \, \cos y = [\cos(x - y) - \cos(x + y)] / 2$$

Този метод е бил известен още през X век на арабските астрономи и подобно на логаритмите, свежда умножението и делението до събиране и изваждане. Тъй като първите логаритми на Непер са именно на синуси, не е трудно да се предположи, че именно от този метод са тръгнали разсъжденията на Непер.

Други възможни източници на вдъхновение на Непер са *Теорията на отношенията*, водеща началото си от древна Гърция, както и съпоставянето между аритметичната и геометричната прогресия, използвано още от древните египтяни (спомнете си Ахнес и Райндския папирус).

Отначало Непер нарича логаритмите *изкуствени числа*, но по-късно измисля термина логаритъм, базиран на гръцките думи λόγος – причина, отношение и αριθμός – число.

Какво представляват логаритмите на Непер, разгледани в светлината на съвременните ни разбирания и понятия (познатата ни от училище дефиниция на логаритъма като степенен показател е формулирана едва през 1742 год. от У. Гардинър, дефиницията на Непер е геометрично-кинетична)?

Нека разгледаме един прост израз:

$$10^3 = 1000$$

В този случай можем да кажем, че логаритъмът на числото 1000 при база 10 е равен на три, което се записва така:

$$\log_{10}(1000) = 3$$

Ако означим с b базата на логаритъма, с n — числото, за което търсим логаритъм, а с c — логаритъма, тогава можем да направим следния обобщен запис:

$$\log_b(n) = c$$

Казано с други думи, логаритъмът представлява степента, на която трябва да бъде повдигната основата, за да се получи числото, за което търсим логаритъм.

Най-важните за улесняване на изчисленията свойства на логаритмите следват именно от факта, че те всъщност имат свойствата на степени. От следните свойства на степенуването:

$b^{m+n} = b^m.b^n$

$b^{m-n} = b^m/b^n$

$b^{mn} = (b^m)^n$

$b^0 = 1$

можем да изведем съответните свойства на логаритмите:

$\log_b(x\ .\ y) = \log_b(x) + \log_b(y)$

$\log_b(x\ /\ y) = \log_b(x) - \log_b(y)$

$\log_b(x^y) = y\ .\ \log_b(x)$

$\log_b(1) = 0$

Както се вижда от тези свойства, ако знаем логаритмите на две числа, тогава можем да сведем умножението им до събиране, делението им — до изваждане, а степенуването им — до умножение на логаритми. Откъде обаче ще вземем логаритмите на числата, очевидно няма да ги смятаме всеки път, а ще използваме готови таблици. След като изберем подходяща база на логаритмите (най-често използваните днес бази са 10 (десетични логаритми) и числото e[1] (натурални логаритми) и съставим такива таблици, тогава алгоритъмът например за умножаване на две числа x и y е следния:

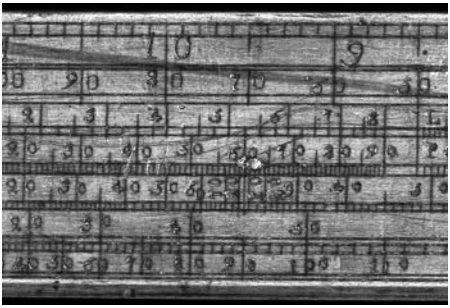
1. Намираме в таблицата логаритмите на x и y
2. Събираме двата логаритъма
3. Намираме в таблицата числото, чиито логаритъм е равен на сумата

Единствената изчислителна работа е сумирането на двата алгоритъма. При деление ще се наложи да заменим сумирането на логаритмите с изваждане, а при степенуване — с умножение.

Трактатът на Непер обосновава теоретично метода за изчисляване с логаритми, но дадените от него дефиниции и таблици са неудобни за практически цели.

Малко след публикуването на гореспоменатия трактат, един друг известен английски математик — професорът по геометрия в лондонския Грешъмски колеж Хенри Бригс (1561-1630) се заинтересува от логаритмите. След съвместна работа с Непер, Бригс предлага по-практична дефиниция за логаритмите, близка до съвременната, и въвежда $log_b(1) = 0$.

1 Числото *е* е математическа константа, която е равна на 2.71828... — бел. авт.



фиг. 36
Част от *линията на Гънтър*

В разговорите между двамата учени се раждат и десетичните логаритми (с база 10), популяризирани по-късно от Бригс, който публикува през 1617 год. таблици на десетичните логаритми на числата от 1 до 1000, с точност до 14-ия знак.

За да оценим значението на предложените от Бригс десетични логаритми, можем да разгледаме един елементарен пример. Имаме таблица на десетичните логаритми на целите числа, но търсим логаритъма на дробно число, което го няма в таблицата, например 7.93. Тъй като:

$$7.93 = 793/100$$

тогава

$$\log_{10}(7.93) = \log_{10}(793) - \log_{10}(100)$$

Значи търсения логаритъм можем да намерим, като извадим две (това е логаритъма на 100) от логаритъма на 793. Удобството на десетичните логаритми се дължи главно на използваната от нас десетична бройна система, в друга бройна система то не би било съществено.

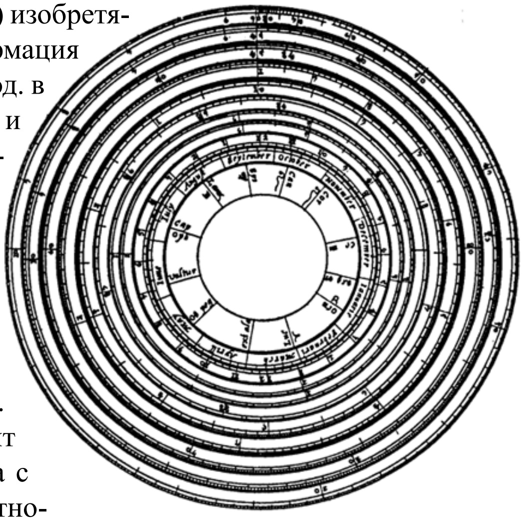
Много скоро след популяризирането на логаритмите започват опитите за премахването на изморителното търсене в таблиците.

Първият, който постига успех в тази област, е професорът по астрономия и колега на Хенри Бригс от лондонския Грешъмски колеж Едмънд Гънтър (1581-1626). В издадената си през 1620 год. книга[1] той описва логаритмична линия (която той нарича числова линия–line of numbers) (фиг. 36), която се използва заедно с два пергела–измервача. Върху линията (дървена или медна пластинка) са означени няколко логаритмични и числови скàли. Пергелите-измервачи се използват за събиране или изваждане на отсечките по линиите на скàлата, което в съответствие със свойствата на логаритмите дава възможност да се намери произведението или частното на числата. По този начин уредът на Гънтър позволява да се избегне както сумирането на числа, така и търсенето в таблица на логаритмите. Уреди, базирани на линията на Гънтър се използват в корабната навигация чак до началото на XX век.

Няколко години по-късно трима английски математици — Уилям Оутред (1575-1660), Едмънд Уингейт (1596-1656) и Ричард Деламейн (1600-1644) почти едновременно изобретяват логаритмични линии. Оутред вероятно

1 Canon Triangulorum, изд. Лондон, 1620 год.— бел. авт.

първи от тримата (през 1622 год.) изобретява два уреда, но публикува информация за своите уреди едва през 1632 год. в една своя книга[1], докато Уингейт и Деламейн описват своите изобретения през 1630 год.



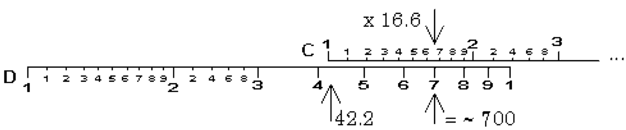
фиг. 37
Кръговете на пропорциите на Отред

Първият уред на Оутред представлява правоъгълна линия, състояща се от две движещи се една спрямо друга логаритмични скали. Дължините на скалите са в отношение 2 към 3. При използването изчислителят държи уреда с лявата си ръка, а с дясната мести едната скàла по отношение на другата, неподвижната скàла.

Вторият уред представлява кръгла линия (фиг. 37), състояща се от осем концентрични окръжности, гравирани върху медна пластинка, в центъра на които на оси са закрепени два плоски радиални показалеца. Линията има една равномерна скàла на числата от 1 до 10 и седем логаритмични скали — линията на числата (от 2 до 10), две линии на синусите и четири линии на тангенсите.

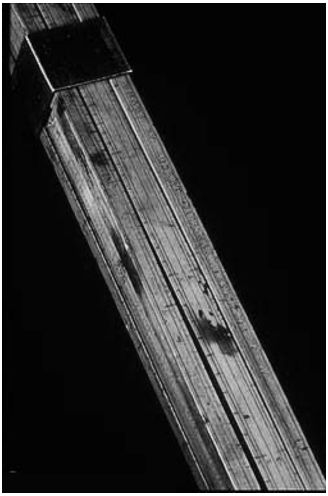
Операциите с кръговата линия се правят по следния начин. Нека например умножим числата x и y. Отначало единият от плоските показалци се поставя на деление *1*, а вторият — на делението, съответстващо на числото x. След това, без да се изменя взаимното положение на показалците, те се завъртат така, че първият да се окаже на делението, съответстващо на числото y. Тогава вторият показалец сочи резултата от умножението $x.y$.

Нека на опростената схема от фиг. 38 разгледаме какъв е принципът на умножение на две числа — например 16,6 и 42,2 с логаритмична линия от типа на изобретената от Оутред. Горната логаритмична линия C придвижваме така, че началото ѝ (маркирано с 1) да сочи на долната линия D стойността на множителя — 42,2 (с по-големите цифри на скалата са означени десетиците, а с по-малките — единиците).



фиг. 38
Умножение на числа с логаритмична линия

1 The Circles of Proportion and the Horizontal Instrument, изд. в Лондон, 1632 год. — бел. авт.



фиг. 39
Линията на Бисакър

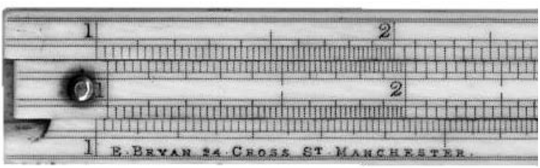
След това откриваме отметката за множимото на горната линия и виждаме стоящата срещу нея стойност на скалата D — в случая срещу отметката за 16,6 на горната линия стои 7 (означаващо 700). Всъщност по този начин правим сумиране на двата логаритъма, а точността на получения резултат зависи от точността на разграфяване на линиите.

През 1654 год. англичанинът Робърт Бисакър предлага конструкция на правоъгълна логаритмична линия (фиг. 39), чиито принцип стои в основата на съвременните линии. Тя се състои от три дървени планки, двете външни от които се държат заедно от медна рамка, а третата свободно се плъзга между тях от единия до другия край. Линийката е дълга около 60 см и има сечение шест кв. см. На всяка скала върху неподвижните планки отговаря също такава скала върху плъзгача. Скàли има от двете страни на линийката, поради което инструментът на Бисакър може да бъде наречен първата дуплексна линия.

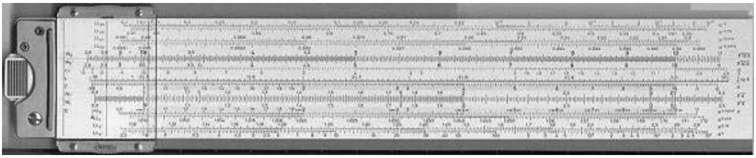
Идеята за плъзгача (постоянен елемент на съвременната логаритмична линия) е на великия английски математик и физик Исак Нютон (1643-1727). През 1675 год. Нютон демонстрира начин за решаването на уравнения от трета степен с помощта на една неподвижна и три подвижни логаритмични линии с различни скали и плъзгач. За решаване на уравнения от четвърта степен трябвало да се добави четвърта подвижна линия с четворна скала. Като елемент на логаритмичната линия обаче плъзгачът се появява 100 години по-късно в линията на математика Джон Робертсън.

Известният английски изобретател Джеймс Уат (1736-1819), един от създателите на парната машина, създава в края на XIX век много сполучлива логаритмична линийка (фиг. 40), която няколко години произвежда и продава под името *логаритмична линия Сохо*.

Много сполучлива логаритмична линия измисля през 1850 год. френският артилерийски офицер Амеде Манем. Неговата линия по конструкция прилича на тази на Уат, но Манем добавя движещ се двустранен курсор (фиг. 41), който оттогава е неизменна съставна част на този



фиг. 40
Линията Сохо на Джеймс Уат

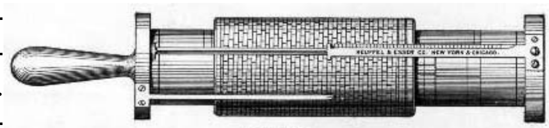


фиг. 41
Съвременен вариант на логаритмичната линия на Манем

тип устройства. Уредът на Манем си спечелва голяма популярност в целия свят като малък инструмент, удобен за всекидневни изчисления и осигуряващ точност до третия десетичен знак.

През следващите години са разработени най-различни модели логаритмични линии, с различна форма, брой на плъзгачите, скали и т. н.

Един от най-екзотичните и произвеждани дълго време модели е създаден в средата на XIX век от проф. Фулър от Белфаст (фиг. 42). *Изчислителят* на Фулър се състои от два цилиндъра, вътрешния от които има дръжка, а външният е кух и може да се движи нагоре, надолу и около вътрешния. Върху повърхността на външния цилиндър във формата на спирала е залепена единична логаритмична скàла с дължина над 12 метра. Уредът има две скàли — едната е закрепена за дръжката и е неподвижна, а другата, която е подвижна и е закрепена за вътрешния цилиндър, има числови и логаритмични деления. Изчисленията се правят, като се нагласят числата спрямо двете скàли, а резултатът се отчита спрямо логаритмичната подвижна скала. Уредът се произвежда и продава успешно чак до шестдесетте години на XX век.



фиг. 42
Изчислителят на Фулър

2.4. Аритметика на местата

Разглеждането на математическите открития на Непер няма да бъде пълно, ако не споменем, макар и накратко, описаната във второто приложение на *Рабдология* Arithmetica localis (аритметика на местата).

Става дума за сметачна дъска, предназначена за умножение, деление, повдигане на квадрат и извличане на квадратен корен. Интересното е, че всички тези изчисления са базирани на двоичната бройна система, която стои в основата на съвременните компютри. Вероятно именно Непер е първият човек, разбрал и оценил чисто аритметичните достойнства на двоичната бройна система. Разбира се, Непер не е измислил двоичната бройна система. Базирани на тази система методи са използвани от известните италиански математици Леонардо Фибоначи (1175-1250)[1], Лука Пачоли (в споменатата по-рано негова книга) и Джироламо Кардано[2] (1501-1576). Известният английски математик Томас Хериът (1560-1621) също разглежда двоичната бройна система в един свой трактат от началото на XVII век. В тези книги обаче не се разглеждат алгоритмите на аритметичните операции в двоичната система, както това прави Непер.

Името *аритметика на местата* е свързано с факта, че на всяка степен на двойката се поставя в съответствие определено квадратче на сметачната дъска. Степените на основата в двоичната система на Непер са означени с буквите от латинската азбука: 1—a, 2—b, 4—c, 8—d,..., 256—i.

Преобразуването на целите числа от десетична система в двоична се изпълнява с помощта на специална линийка. Събирането и изваждането са много прости, подреждат се буквите на събираемите (или умаляемото и умалителя), след което се опростява получения буквен резултат.

Основната цел при създаването на *аритметиката на местата* е използването ѝ за умножение, деление, повдигане на квадрат и извличане на квадратен корен. За това се използва специална сметачна дъска.

1 В споменатата вече в гл. I книга Liber abaci (Книга за абака), създадена през 1202 год.—бел. авт.

2 В книгата De subtilitate, изд. 1550 год.в Нюрнберг, Лион и Париж—бел. авт.

Глава III

Първите механични сметачни машини

„Недостойно е за надарения човек да изразходва, подобно на роб, часове за изчисления, които безусловно биха могли да се поверят всекиму, ако за това би се използвала машина.”

Готфрид Вилхелм Лайбниц

Многовековният път на механичните сметачни машини, започнал през деветдесетте години на XV век със скиците на Леонардо да Винчи, и завършил само преди няколко десетилетия, е пълен с гениални идеи, но и с грандиозни провали.

Механичните сметачни машини от XVII и XVIII век, които ще разгледаме в тази глава, за разлика от разгледаните в миналата помощни изчислителни средства, вече започват повече или по-малко да придобиват очертанията на това, което съвременният човек разбира под *калкулатор*.

Колкото и примитивни да ни изглеждат с дървените си кутии, неудобните ръкохватки и пера, чрез които се въвеждат числата, грубо изработените си зъбни колела и механизми, тези машини са плод на гения на някои от най-добрите математици, физици и механици на своето време. Както ще видим след малко, първите изобретатели на подобни устройства са изключително ерудирани личности с енциклопедични знания—Леонардо да Винчи, Вилхелм Шикард, Блез Паскал, Готфрид Лайбниц и др.

Първите механични сметачни машини използват десетичната бройна система и технният основен конструктивен елемент е зъбното колело.

В десетичната бройна система числата се записват, като се използват цифрите от 0 до 9. Всяко естествено число може да се представи еднозначно като сума от степени на числото десет, с коефициенти, които са десетте цифри. Позициите на цифрите се наричат разряди и се броят от дясно наляво. Всяка цифра означава число, 10 пъти по-голямо от числото, което тя би означавала, ако беше с една позиция по-надясно. Ето как се разлага на сума от степени на десятката например десетичното число 5782:

$$5782_{10} = 5.10^3 + 7.10^2 + 8.10^1 + 2.10^0 = 5000 + 700 + 80 + 2$$

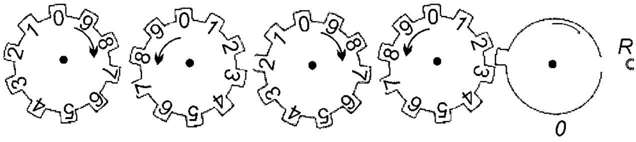
Събирането на две числа в десетичната система се свежда до последователно събиране на съответните цифри на разрядите на две числа и осъществяване на пренос, когато сумата им надвишава 9. Изваждането на две числа се свежда до изваждане на съответните цифри на разрядите, като когато умаляемото е по-малко от умалителя, тогава се заема една единица от по-старши разряд. Умножението се свежда до последователно умножение на множимото по цифрите на множителя, след това събиране на междинните резултати. Делението става чрез разделяне на делимото на няколко числови части в зависимост от броя на цифрите на делителя, последователно разделяне на тези части на делителя и пренос на остатъка от по-старшите към по-младшите разряди.

Позиционните свойства на десетичната бройна система, разлагането на числата в сума от единици от различен ред и кратности от 0 до 9 лесно се изразяват с основните съставни части на механичните сметачни устройства — зъбните колела и предавки.

Историята не може да каже кога и къде е било изобретено първото зъбно колело. Най-старият запазен до днес механизъм със зъбни колела е използвания вероятно за астрономически изчисления бронзов уред *Антикитера*, създаден в I век пр. Хр.

Усъвършенстването на зъбното колело и предавки се дължи главно на използването му в часовниците. Зъбни колела е имало още в изработваните преди повече от две хиляди години водни часовници. Когато през Средновековието започва изработката на механични часовници, технологията на металообработването вече е била достатъчно развита за изработката отначало на по-големи, а след това и на по-малки и прецизни зъбни колела. Въпреки това, както ще видим малко по-късно в тази глава, дори и в края на XVII и началото на XVIII век първите изобретатели на сметачни машини са имали големи проблеми с точността на изработката на проектираните от тях механизми. Трудностите при изработката на зъбните предавки намаляват едва след усъвършенстването на математическата теория за изчисляването на зацепванията на зъбните колела и формата на зъбите и изобретяването през XIX век на първите зъбонарезни машини.

Броят на зъбите на основните зъбни колела на механичните сметачни машини е 10 или кратно на 10 число, така че след всеки десет завъртания по на 36^0 (1/10 оборот) колелото да се върне в начално положение, а следващото зъбно колело (представящо по-старшия разряд) чрез специална предавка да се завърти на 1/10 оборот. Лесно би могло да се изработи и машина, която да смята в друга бройна система, но това би било излишно усложнение за практически нужди.



фиг. 1
Опростена схема на оборотомер

На фиг. 1 е показана опростена схема на оборотомер, чиято функция е да показва броя на оборотите, направени от еднозъбото колело *O*. При всяко завъртане на един оборот на еднозъбото колело то се зацепва с най-дясното десетозъбно колело и го завърта на 1/10 оборот (36^0). Всяко от десетозъбите колела също има зъбец (палец), който завърта съответното ляво колело на 1/10 оборот, когато то направи пълен такъв.

Нека си представим, че целият механизъм е поставен в кутия, на която има четири отвора, през които се виждат цифрите, изписани върху най-горните зъби на колелата, както и ръчка *R* за въртене на колелото *O*.

Какво ще се случи например, ако завъртим ръчката на 3584 оборота (не говоря за мазолите, които ще ви излязат на ръката)? Дясното зъбно колело ще направи 358 пълни оборота и ще спре на четвъртия зъб. Значи в дясното прозорче ще се вижда цифрата 4. Второто отдясно наляво колело ще направи 35 пълни оборота и ще спре на осмия зъб, значи във второто прозорче отдясно ще се вижда 8. Третото колело ще направи 3 пълни оборота и ще спре на петия зъб, значи в третото прозорче ще се вижда 5, а най-лявото колело няма да направи пълен оборот, а само три завъртания на 1/10 оборот (36^0), и в съответното прозорче ще се вижда 3. В четирите прозорчета ще се чете числото 3584. Какво трябва да направим, ако към горното число искаме да прибавим друго, например 1834. Ами ще завъртим ръчката в същата посока още 1834 оборота и в резултат ще получим сумата — 5428. Ако обаче вместо да прибавим, искаме да извадим от първото второто число, тогава ще завъртим ръчката 1834 оборота в обратна посока и ще получим в прозорчетата числото 2750. По този начин разполагаме с устройство, с което автоматично се извършват двете аритметични операции — събиране и изваждане. За по-сложните — умножение и деление, са нужни допълнители приспособления или математически методи.

На тази елементарна схема (но с възможност за въвеждане във всички разряди, а не само в единиците) са базирани първите механични сметачни устройства. По-късно, за улесняване на по-сложните математически действия и за удобство при работа, схемата е усъвършенствана, като са подобрени главно механизмите за въвеждане и показване, но принципът си остава същия — устройство за броене, механизъм за пренос на десетиците към следващите разряди, и устройства за въвеждане и показване на числата.

3.1. Леонардо да Винчи (края на XV век)

Леонардо да Винчи (фиг. 2) е безспорно едно от най-гениалните човешки същества, раждали се някога. Въпреки, че остава известен за следващите поколения най-вече като художник, в различни периоди от живота си той се занимава и постига забележителни за времето си резултати в области като музика, скулптура, анатомия, биология, физика, механика, картография, гражданско и военно инженерство, архитектура и др.

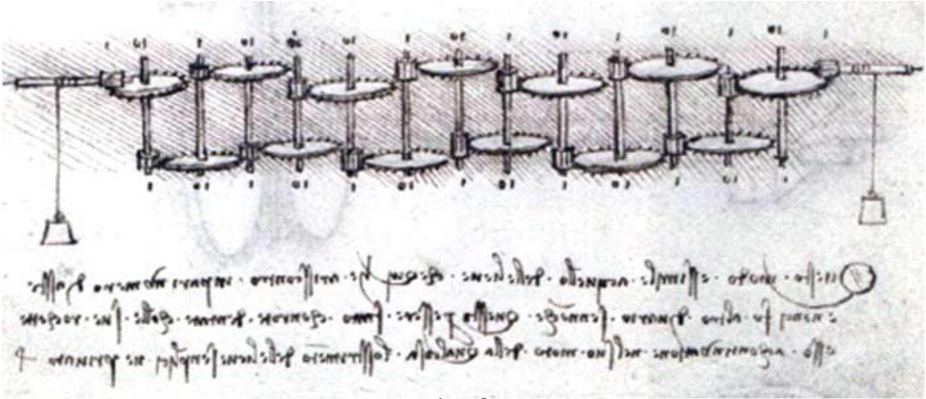
фиг. 2
"Леонардо да Винчи е като човек, събудил се твърде рано в тъмнината, докато всички останали все още спят"
Зигмунд Фройд

Незаконнороденият син на уважавания флорентински нотариус Пиеро да Винчи и селянката Катерина—Леонардо, се появява на бял свят на 15 април 1452 год. в селцето Анкиано, близо до градчето Винчи, в околностите на Флоренция. Изключително надареното физически и умствено дете израства във фермата на дядо си и получава слабо (дори за онези времена, когато всеки, който можел да чете и смята се е считал за много образован човек) образование. Няма сигурна информация дали дори изобщо е посещавал училище, или се е „учил" от тримата „селски" членове на рода да Винчи, които са се грижили за него—възрастните му дядо и баба и чичо му.

Забелязвайки неговата дарба за рисуване, през 1466 год. баща му го изпраща да се учи в работилницата на известния флорентински художник—Андреа дел Верокио, където Леонардо показва изключителни способности и през 1472 г. става член на гилдията на художниците. След като работи десет години във Флоренция, без да получи признание за своя талант, през 1482 год. той постъпва на служба при миланския херцог Людовико Сфорца. Това именно е най-плодовития период на великия флорентинец. В Милано той проектира и изработва копие на величествена конна статуя за паметник на патрона си, рисува някои от най-известните си картини, организира дворцовите забави, занимава се с градоустройство, проектира машини и сгради, изучава човешкото тяло, започва да пише известния си *Трактат за живописта*, учи математика с помощта на своя приятел—известния математик Лука Пачоли, една от книгите на който по-късно[1] илюстрира.

Леонардо умира на 2 май, 1519 год. в замъка на френския крал Франсоа

1 De divina proportione (За божествената пропорция), изд. 1509 год. във Венеция—бел. авт.



фиг. 3
Схемата на Леонардовия изчислителен механизъм от Codex Madrid I

I (който е негов патрон в последните години от живота му) в Клу, Франция. Както повечето признати гении на човечеството, Леонардо е твърде противоречива личност. Изключително красив мъж, чиито сексуални предпочитания обаче (както на много хора на изкуството от това време) са към лица от същия пол. Невероятно талантлив художник, който обаче почти няма завършени картини. Изключителни прозрения в различни области на науката и изкуството, които остават само на хартия и са неизвестни за широката публика (отчасти и поради тайнствеността и страха от плагиатство, на които робува Леонардо). Въпреки това неговите идеи оказват голямо влияние върху европейското изкуство и наука.

До наши дни е оцеляла само малка част от ръкописите на ренесансовия гений (около 7000 страници), които са събрани основно в десет тома, наречени кодекси. Тези кодекси в момента красят експозициите на няколко световно известни библиотеки, музеи и частни колекции[1]. През 1967 год. група американски историци, работещи в Испанската Национална Библиотека в Мадрид, неочаквано попадат на две непознати колекции от ръкописи на Леонардо, станали известни по-късно като *Codex Madrid (I и II)*. Първата част от този кодекс е от 192 страници, отнася се за механиката и съдържа ръкописи, създадени в 90-те години на XV век, по времето, когато Леонардо е в Милано. Именно в тази част има проект за механизъм, който прилича много на изчислителен (фиг. 3).

Един от известните експерти за Леонардо да Винчи — италианският инженер д-р Роберто Гуатели, създал копия на множество Леонардови машини, се запознава скоро след откритието с Codex Madrid. Виждайки страницата с горепоказания механизъм, той си спомня, че е виждал по-

1 Най-богатият човек в света (собственикът на фирмата Microsoft — Бил Гейтс) купува през 1994 год. един от тези кодекси за скромната сума от 31 милиона долара — бел. авт.

фиг. 4
Работещо копие на Леонардовия механизъм, изработено от д-р Гуатели

добен чертеж в друга сбирка от Леонардови ръкописи[1] и стига до заключението, че той е проектирал изчислителен механизъм.

Използвайки двата чертежа, през 1968 год. Гуатели създава работещо копие на Леонардовия механизъм (фиг. 4), което е показано в павилиона за изчислителни машини на IBM на една изложба със следното пояснение:

„Изчислително устройство: Ранна версия на съвременните сложни калкулатори, Леонардовият механизъм използва постоянен коефициент от 10 към 1 за всяко едно от тринадесетте регистриращи колела. За всеки пълен оборот на първата ръчка, колелото на единиците се завърта на 1/10 оборот. При десетия оборот колелото се връща в начално положение и регистрира 0, като при това колелото на десетиците се завърта от 0 към 1. Следващите колела означават стотиците, хилядите и т. н. Направени са малки подобрения към оригиналните Леонардови скици, за да се получи по-ясна картина как може независимо да се управлява всяко едно от тринадесетте колела. На Леонардовата схема са показани тежести, демонстриращи уравновесеността на машината.“

Не всички специалисти обаче са съгласни с д-р Гуатели. Според друг специалист по Леонардо — д-р Берндт Дибнер, д-р Гуатели е разчитал твърде много на интуицията и въображението си при изработката на копието, а използваните от него оригинални чертежи са на предавателни, а не на изчислителни механизми, нещо повече, такъв механизъм не би могъл да функционира на практика поради голямото триене между частите.

Леонардо вероятно не е изработил работещ механизъм от своя проект, както това се е случило с повечето други негови хитроумни механизми, изпълващи голяма част от ръкописите му. Неговият механизъм, дори да е бил на изчислително устройство, вероятно е останал неизвестен и не е оказал влияние върху по-нататъшното развитие на изчислителните машини.

3.2. Вилхелм Шикард (1623)

Вилхелм Шикард (фиг. 5) е роден на 22 април 1592 год. в град Херенберг, на 15 км от Тюбинген[2], Германия, в семейството на Лукас Шикард

1 Codex Atlanticus, който се съхранява в Библиотека Амброзиано, Милано — бел. авт.

2 Южногерманският град Тюбинген е един от най-старите университетски центове, местният университет е основан още през 1477, а Tübinger Stift, където учи Шикард — през 1536 год. — бел. авт.

(1560-1602) и Маргарете Гмелин-Шикард (1567-1634). Майка му Маргарете е дъщеря на Вилхелм Гмелин (1541-1612) — пастор от близкото до Херенберг градче Гертринген. Баща му е обикновен строител и дърводелец, но в рода Шикард има доста известни личности. Прадядото на Вилхелм – Хайнрих Шикард (1464-1540) е известен в областта дърворезбар. Единият чичо на Вилхелм, също Хайнрих Шикард (1558-1635), е сред най-добрите германски архитекти от Ренесанса. Друг негов чичо, Филип Шикард (1562-1633) е известен теолог.

фиг. 5
Вилхелм Шикард

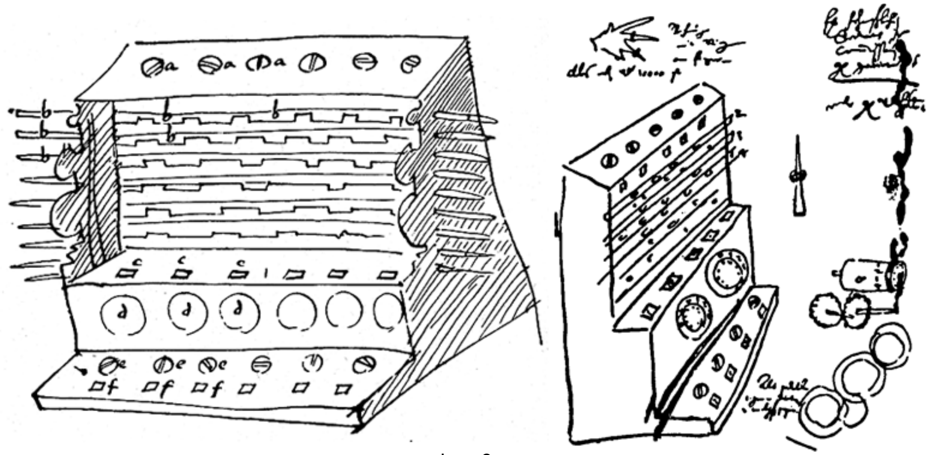
Началното си образование Вилхелм получава в църковно училище, след което записва теология и библейски езици (арамейски и хебро) в протестантския университет Tübinger Stift в Тюбинген[1], където през 1609 защитава бакалавърска, а през 1611 год. — магистърска степен. От 1613 до 1619 год. служи като свещеник в различни градчета около Тюбинген. През 1619 год. става професор по библейски езици, през 1631 год.—професор по астрономия и математика в университета, като наследява на този пост учителя на Кеплер — известния немски астроном и математик Михаел Местлин (1550-1631), а през 1633 год. Шикард вече е декан на философския факултет.

Решаваща роля в живота на младия свещеник вероятно изиграват контактите му със знаменития математик и астроном Йохан Кеплер[2], който поощрява интереса му към астрономията и математиката. По време на първата им среща през 1617 год. в Тюбинген, Кеплер показва част от своите астрономически изчисления за определяне на орбитите на небесните тела и използваните от него помощни средства—наскоро изобретените от Непер логаритми и пръчки за изчисление. Вероятно тогава Шикард започва да работи върху създаването на своята сметачна машина. По-късно Шикард отделя голямо внимание и на механиката (изработва първия ръчен планетариум, както и уред за наблюдение на комети), картографията, илюстрациите и гравюрите върху дърво и мед[3].

1 Вероятно за това има и финансови причини, семейството едва ли разполага със средства (баща му Лукас умира през 1602 год., три години по-късно Маргарете се омъжва за пастор от Гертринген, който обаче също умира през 1609 год.), а Tübinger Stift осигурява издръжката на своите възпитаници — бел. авт.

2 Йохан Кеплер (1571-1630) е велик германски астроном, известен главно с формулираните от него три закона за движение на планетите. Кеплер, също като Шикард, учи теология в Tübinger Stift — бел. авт.

3 По време на споменатата им първа среща през 1617 год. Кеплер очевидно е бил впечатлен от способностите на Шикард като художник, защото му поверява изработката на илюстрациите за втората част



фиг. 6
Схемите на Шикард на неговия *die Rechenuhr*

Известно е, че освен с Кеплер, Шикард, води оживена кореспонденция и с други известни учени на своето време, между които Исмаел Булио (1605-1694), Пиер Гасенди (1592-1655), Хуго Гротиус (1583-1645) и др. При изучаването на архива на Кеплер в средата на XX век са открити двете писма на Шикард, които сочат, че именно той (а не Паскал, както се е считало дотогава), е първооткривателят на механичната сметачна машина[1].

В първото запазено до днес писмо на Шикард до Кеплер, което е с дата 20 септември 1623 год., се съобщава за създадената от него сметачна машина (т. нар. *die Rechenuhr—сметачен часовник* или *сметачен механизъм*). Второто писмо е от 25 февруари 1624 год. и съдържа описание и чертежи[2] на машината, в него Шикард съобщава и тъжната новина, че построеният от него екземпляр, предназначен за Кеплер, е изгорял при пожар.

Ето част от първото писмо:

„Аз се опитах да открия механичен начин за правене на тези изчисления, които досега вие сте правили ръчно. Конструирах една машина, състояща се от единадесет пълни (*десетозъби — бел. авт.*) и шест непълни (*еднозъби — бел. авт.*) зъбни колела, която може да изчислява автоматично, да събира, изважда, умножава и дели. Вие бихте се усмихнали доволно, ако можете да видите как машината натрупва и премества наляво десетиците и стотиците, и как прави обратното преместване надясно при изваждане.“

на своята книга Epitome astronomiae Copernicanae, както и за друга своя знаменита книга—Harmonices Mundi, изд. през 1619 год. В нея Кеплер формулира Третия закон за движението на планетите — бел. авт.

1 Не е изключено и други изобретатели преди Паскал да са правили опити за конструиране на сметачни машини (например в издадената през 1640 год. в Лувен книга на холандския математик Йохан Цирманс (1602–1648), „Математическите науки“ се говори за изобретено от него устройство, състоящо се от колела, което позволява да се извършва умножение и деление. Нищо повече не е известно за това устройство, може да става дума за вид логаритмична линия или за суматор) — бел. авт.

2 Показаните на фиг. 6 чертежи на Шикард са открити по-късно в една притежавана от Кеплер книга, съхранявана в библиотека в Ленинград и в една германска библиотека в Щутгарт — бел. авт.

Във второто си писмо Шикард описва така машината (в него той се позовава на схемата, част от която е показана на фиг. 6):

„…*aaa* са горните чела на вертикални цилиндри, на чиито странични повърхности са нанесени таблици за умножение; цифрите на тази таблица при необходимост могат да се наблюдават в прозорчетата *bbb* на плъзгащи се планки. Към дисковете *ddd* са закрепени от вътрешната страна на машината колела с 10 зъба, всяко от които се намира в такова зацепване с подобно колело, че ако което и да е дясно колело се завърти десет пъти, намиращото се отляво на него колело ще направи един оборот или ако първото от споменатите колела направи 100 оборота, третото отляво колело ще се завърти един път. За да се въртят зъбните колела в една и съща посока, са необходими междинни колела… Цифрите, нанесени върху всяко колело, могат да се наблюдават в отворите *ccc* на средната издатина. Накрая на долната издатина има въртящи се глави *eee*, служещи за записване на числата, които се явяват при изчисленията, те се виждат в отворите (*fff*). Но всичко това, което описах, не можах да пусна в действие, заради едно неочаквано нещастие. Дадох поръчка на един местен човек, Йохан Пфистер, да изработи машината. Но когато работата беше извършена наполовина, машината, заедно с някои други мои неща, като няколко медни плочи, изгоря при един пожар, който ни изненада преди три дни посред нощ... Аз приех много тежко загубата, тъй като скоро няма да имам време да изработя друго копие.“

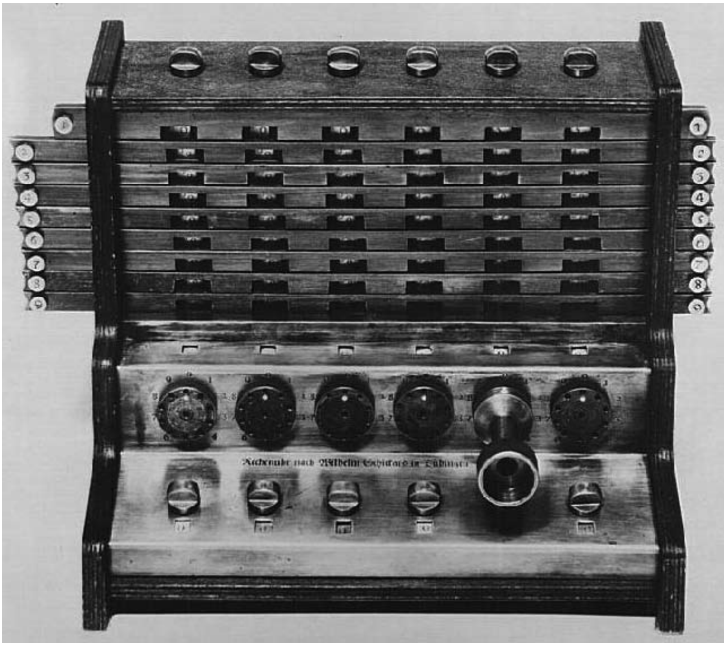
До наше време няма запазен екземпляр от уреда, така че най-вероятно изгорелият екземпляр е бил единствения и друг не е бил изработен. След откриването на чертежите и писмата на Шикард до Кеплер обаче, няколко изобретатели изработват работещи копия на неговия суматор, едно от които можете да видите на фиг. 7.

Сметачният часовник на Шикард се състои от три основни части:

Десетично шестразрядно сумиращо устройство, устройство за умножаване и механизъм за запис на промеждутъчните резултати.

Сумиращото устройство се състои от шест основни оси, разположени в една редица, на края на които са закрепени гладки дискове с 10 отвора за задаване на числата, зъбно (броячно) колело с 10 зъба (означено с 1 на фиг. 8, горе) и цилиндър с цифри на страничната повърхност (озн. с 2). Цифрите от цилиндрите се виждат в прозорчетата, които се намират точно над дисковете за задаване на числата и показват резултата от изчисленията.

Под редицата на успоредните основни оси се намира друга редица от пет успоредни оси, върху всяка от които е поставено десетозъбо преводно колело (пиньон, означено с 3 на фиг. 8) и еднозъбо колело (или единичен зъб, както е показано на фиг. 8, горе). Пиньонът се намира в постоянно зацепва-

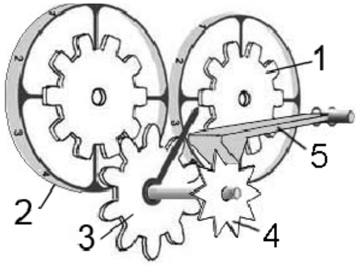


фиг. 7
Копие на Шикардовата машина

не с десетозъбото колело на десния (младшия) разряд и служи като междинен елемент, благодарение на който всички броячни колела се въртят в една и съща посока. На всеки негов пълен оборот зъбът, закрепен за същата ос, се зацепва с лявото (старшото) колело и го завърта на 1/10 оборот, увеличавайки с единица показанието му. Така той изпълнява ролята на механизъм за пренасяне на десетиците.

Машината има и индикатор за препълване, малка камбанка, която звънва при преминаване на най-лявото зъбно колело от девета към нулева позиция. При препълване (резултат надвишаващ милион), Шикард предлага да се използва предметна представа—например при звънване на камбанката (пренос) да се слага на големия пръст на лявата ръка едно пръстенче.

Изобретеният от Шикард механизъм за пренос е много прост и надежден, за разлика от тези на някои от следващите изобретатели. Главният проблем от конструктивна гледна точка (освен триенето) е бил да се осигури завъртането точно на 1/10 оборот на колелото на старшия разряд, затова на фиг. 8 е показан фиксиращ механизъм (звездовидното колело – 4 и фиксиращото лостче – 5), който обаче не е описан от Шикард, така че показаната схема е идеализирана. Простотата и надеждността на подобен механизъм за пренос води и до главния му недостатък — значителното усилие, необходимо да се преодолее триенето и предаде преноса през целия механизъм наляво, ако например се прави събирането 999999 + 1 (изискващо максималния брой преноси на машината—5). При това усилие може да се повреди целия механизъм, особено при непрецизна изработка на зъбните колела. Шикард вероятно си е давал сметка за този проблем, затова неговата машина има само шест разряда, въпреки че Кеплер при всички случаи е имал нужда от повече за астрономическите си изчисления.



фиг. 8 (горе)
Механизмът за пренос на Шикард– поглед отзад, (долу) - околната повърхнина на цилиндър

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	4	6	8	1/0	1/2	1/4	1/6	1/8	0
3	6	9	1/2	1/5	1/8	2/1	2/4	2/7	0
4	8	1/2	1/6	2/0	2/4	2/8	3/2	3/6	0
5	1/0	1/5	2/0	2/5	3/0	3/5	4/0	4/5	0
6	1/2	1/8	2/4	3/0	3/6	4/2	4/8	5/4	0
7	1/4	2/1	2/8	3/5	4/2	4/9	5/6	6/3	0
8	1/6	2/4	3/2	4/0	4/8	5/6	6/4	7/2	0
9	1/8	2/7	3/6	4/5	5/4	6/3	7/2	8/1	0

Умножителното устройство представлява 6 неперови пръчки с цилиндрична форма, монтирани в горната част на машината. Върху околната повърхнина на всеки цилиндър са означени стойностите на пръчките на Непер (фиг. 8, долу). От предната страна на машината цилиндрите са закрити с 9 тесни хоризонтални планки с прозорчета, които се движат наляво и надясно. След като се нагласи множимото чрез завъртане на цилиндрите, чрез отваряне на прозорчетата на планките се прави последователно умножение първо по единиците на множителя, после по десетиците и т. н., като междинните произведения се събират в сумиращото устройство.

Нека умножим с изчислителния часовник например 524 по 48. Нагласяме с трите десни пръчки на Непер множимото (524), след което отваряме прозорчетата на осмия ред (единиците на множителя са 8) и отчитаме чрез пръчките първия междинен резултат (4192). Вкарваме 4192 чрез ръкохватките в изчислителния механизъм. След това отваряме прозорчетата на четвъртия ред (десетиците на множителя са 4), получаваме 20960, което прибавяме към 4192.

При изваждане се наглася първо умаляемото, след което умалителя се въвежда чрез въртене на ръкохватките в обратна посока. Делението се извършва чрез последователно изваждане на делителя от делимото.

Механизмът за запис на промеждутъчните резултати се състои от шест въртящи се с помощта на малки ръкохватки дискове, по периферията на които са изписани цифри, които се виждат в най-долната редица малки прозорчета. Тези дискове не са свързани с броячния механизъм, а служат за запаметяването на междинни резултати от изчисленията.

Почти една трета от населението на Тюбинген умира през зловещите 1634-1635 година. Към грабежите, убийствата и глада, резултат на бушуващата по това време война (през 1634 год. войници убиват майката на Шикард—Маргарете, а през 1635 год. е убит и чичо му—архитекта Хайнрих Шикард), се добавя епидемията от бубонна чума. В края на 1634 год.

умират една след друга съпругата му Сабина и трите му дъщери. Следващата 1635 год. е фатална за този забележителен човек, който умира на 23 октомври 1635 год., само ден преди деветгодишния си син.

3.3. Блез Паскал (1642)

През лятото на 1623 година, точно по времето когато скромният тюбингенски професор по библейски езици Вилхелм Шикард завършва своя *сметачен часовник*, на 19 юни, в столицата на френската провинция Оверн—град Клермон Феран, се ражда големият френски философ, писател, математик и физик Блез Паскал (фиг. 9).

фиг. 9
Блез Паскал

Този „цар в царството на ума“ (както го наричат някои негови съвременници) е третото дете на кралският съветник Етиен Паскал (1588-1651) и Антоанет Бегон (1596-1626). Баща му е богат и уважаван местен благородник, известен в научните среди любител на математиката. Майка му е интелигентна, кротка и набожна жена, която за съжаление е с крехко здраве, което „завещава“ и на единствения си син[1].

Блез загубва майка си едва тригодишен и възпитанието му остава в ръцете на амбициозния му баща. Въпреки изключителните грижи, които се полагат към него, детето често боледува. Болестите остават постоянен негов спътник до края на живота му, придавайки трагичен характер на и без това пълния му с драматични духовни конфликти жизнен път.

През 1631 год. с цел да осигури по-добър живот на децата си, Етиен Паскал премества семейството в Париж и се заема лично с обучението на показващия вече своите изключителни заложби син. Етиен решава, че синът му трябва първо да получи „общо“ образование, да изучи няколко чужди езика, след което да се заеме с любимата му, но „трудна“ математика. Изключителният ум на детето обаче търси причините за всички явления и не приема чисто словесните обяснения. Веднъж по време на обяд един от гостите случайно удря с ножа си една чиния и произвежда продължителен звук. Тази незабележима за обикновените деца случка води единадесетгодишния Блез до продължителни размишления, завършили с написването на кратък трактат за звука (незапазен до днес), който е признат от тогаваш-

1 Паскал има две по-големи сестри, едната от които умира още като бебе, и една по-малка сестра— б. а.

ните „учени“ хора за „удивителен и твърде разумен“.

Година по-късно се проявява и изключителният му математическия талант. В дома им често гостуват някой от най-известните за времето си френски математици и Блез любопитно се вслушва в техните беседи (за неудоволствие на баща си, който даже заключва всички свои математически книги). Веднъж обаче Етиен Паскал решава все пак да отговори на един от въпросите на сина си „що за наука е геометрията?“, обяснявайки му, че „това е наука, занимаваща се с построяването на правилни фигури и определяне пропорциите между частите им“.

Блез се затваря в стаята си и започва да си рисува окръжности (които нарича „кръгчета“), прави линии („пръчици“), триъгълници и други фигури и да търси пропорциите между тях. С помощта на тези „кръгчета“ и „пръчици“ той построява цяла система от доказателства и стига до формулирането на XXXII теорема на Евклид (сумата на ъглите на триъгълника е равна на два прави ъгъла). В този момент Блез е „заловен на местопрестъплението“ от строгия си баща, който обаче е толкова поразен от способностите на детето, че вдига забраната за математически занимания.

Геният Блез Паскал остава известен за следващите поколения с приноса си към математиката—заедно с Ферма той се счита за един от създателите на Теорията на вероятностите[1] и към физиката—той първи демонстрира съществуването на атмосферното налягане и вакуума, формулира някои основополагащи принципи на хидростатиката. В негова чест единицата за налягане в системата SI се нарича *паскал*. Неговите „Писма към провинциалиста“ и „Мисли“ оказват изключително влияние върху френската литература и философия.

В последните години от живота си Блез Паскал се отказва от научни занимания и измъчен от множество болести, умира едва на 39 години, на 19 август 1662 год. в Париж.

Интересния за нас период в живота на Паскал започва през 1640 год., когато семейството му заминава за град Руан в Нормандия. Там Етиен Паскал е назначен за интендант по финансовите въпроси на Руанското генералство, където се занимава основно със събирането и отчитането на данъци. Младият Блез помага на баща си и по цели нощи изчислява данъчните сборове, използвайки ръчно смятане, както и популярното по това време линейно сметало, намирайки обаче това помощно средство за незадоволително. През 1642 год., желаейки да облекчи този тежък и монотонен труд, осемнадесетгодишният гений започва да работи по създаването на сметачна машина, работеща „без пера и жетони, по начин, колкото нов, толкова и

1 Според признанията на Лайбниц, именно един от математическите трактати на Паскал (Трактат за синусите) му е послужил като вдъхновение при създаването на диференциалното смятане—бел. авт.

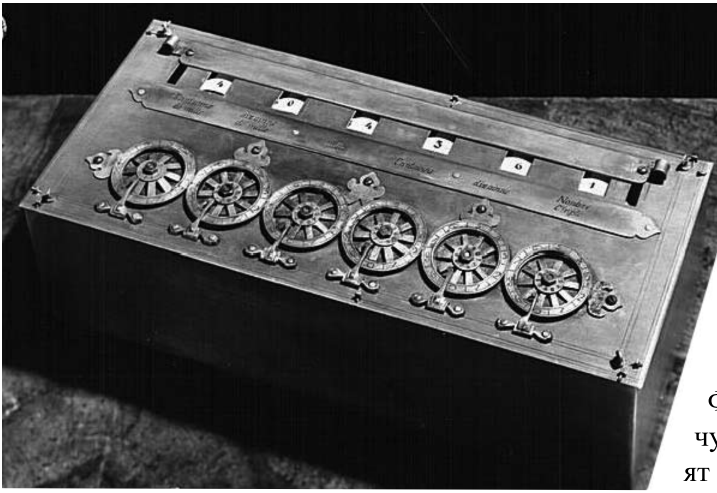
удобен“ (наречена по-късно *Паскалин* или *Колелото на Паскал*).

Както завършеният през следващата година първи модел, така изработеният малко по-късно втори модел, не удовлетворяват създателя си, главно поради некачествената си изработка. Тогава се случва едно събитие, което за малко да откаже Паскал от идеята му. Един руански часовникар се „осмелява“ (както казва по-късно оскърбеният изобретател), да „направи един красиво, но съвършено непригодно за работа копие… Видът на този малък урод ми беше неприятен до такава степен и така охлади ентусиазма, с който работех по завършване на новия модел, че веднага се разплатих с работниците и реших напълно да се откажа от идеята си.“

По-късно обаче някои негови приятели запознават канцлера Сегие, един от най-високопоставените хора в държавата и страстен любител на науката с проекта на Паскал. Призивът на канцлера към младия учен да продължи работата по машината не може да остане без последствие и Блез продължава работата си, конструирайки различни варианти, направени според думите му „едни от прави лостове и пластинки, други от криви, трети—с помощта на вериги; някои с концентрични зъбни колела, други с ексцентрици; едни движещи се по права линия, други—по окръжност; едни с конична, други с цилиндрична форма, а трети—съвсем различни като материали, форма или движение“. Целта на изобретателя е да създаде както казва „малка, проста и бърза при работа машина, която да бъде лека, удобна, здрава и надеждна при различни обстоятелства… Имах търпението да изработя до 50 различни модели: едни дървени, други—от слонова кост, от абаносово дърво, от мед, докато създам тази машина, която стои пред вас, и която макар че се състои от множество дребни части, все пак е толкова здрава, че никакви натоварвания при пренасяне не могат да ѝ причинят и най-малката вреда[1]“.

Един от първите работещи модели, завършени през 1645 год. е подарен на канцлера Сегие с дълго посвещение, благодарност за покровителството и надежда за по-нататъшна поддръжка, която става факт, защото през 1649 год. Паскал получава кралска привилегия (нещо като сегашните патенти), според която „главното изобретение и съществено движение се състои в това, че всяко колело и ос на разряд, придвижвайки се на 10 аритметични цифри, принуждава следващото да се придвижи само на една цифра“, освен това „се забранява създаването на копия не само на неговата машина, но и на каквито и да са сметачни машини без разрешението на Паскал. На чужденците не се разрешава продажбата на подобни машини във Франция,

1 Паскал прави тест за здравината на машината, като я изпраща на няколкостотин километрово пътешествие с карета от Руан до Клермон Феран и обратно, очевидно това е причината за неговото задоволство. Според някои обаче, механизмът не е много надежден, машината трябва да е в положение, близко до хоризонталното, за да работи добре и понякога, при удар върху нея, става нежелан пренос—бел. авт.



фиг. 10
Една от десетичните шестразрядни машини на Паскал

даже ако са изработени в чужбина. Нарушителите ще трябва да заплатят глоба три хиляди ливри“.

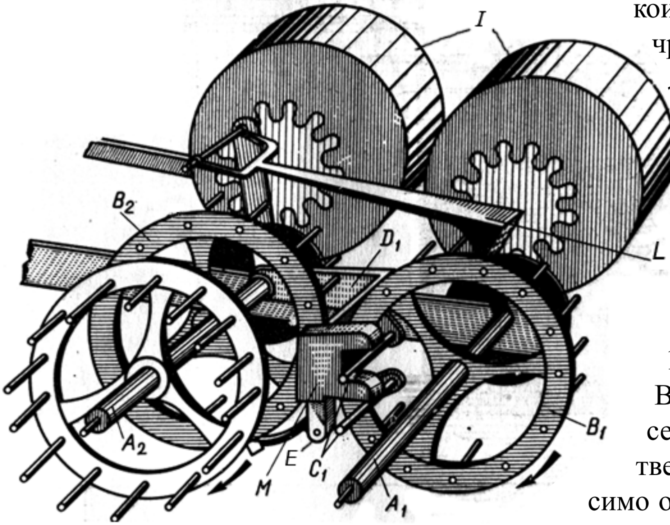
Паскалинът скоро става известен в цяла Франция, а и в чужбина. Модният парижки поет Далибре съчинява сонет за Паскал и машината. През 1646 год. полската кралица поискала да купи два екземпляра. Изобретателят е изразходвал много семейни средства за разработката на устройството и се опитва (и успява) да си върне поне част от тях, като продава някои от изработените екземпляри за сериозната за времето сума от 100 ливри. През април 1652 год. Паскал прави демонстрация на машината през парижкото висше общество, а месец по-късно получава искане от шведската кралица Христина да ѝ изпрати един екземпляр. Той решава да се възползва от удобния случай за реклама на своето изобретение (без особена полза обаче) и изпраща подаръка, след което губи интерес и повече не се занимава с аритметичната машина.

До наше време са оцелели само осем екземпляра от устройството.

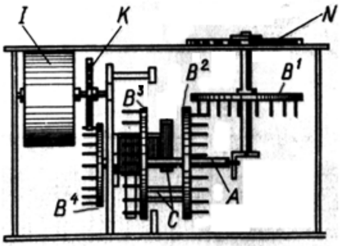
Първите екземпляри на *Паскалина* са петразрядни. По-късно изобретателят започва да прави машини със шест (фиг. 10), осем и даже десет разряда. Някои от машините са изцяло десетични (т. е. скалата на всички разряди е разделена на 10 равни части, като показаната на фиг. 10), при други обаче, които са предназначени за парични пресмятания, скалата на крайния десен отвор е разделена на 12 равни части, на съседния ляв отвор — на 20 части, а тези на останалите отвори — на 10 части[1].

Кутията е изработена от месинг и има размери (за осемразрядния вариант) 35/13/8 см. В отворите се виждат колела със спици (две съседни от

1 Тази градуировка съответства на подразделенията на основната френска парична единица по това време — ливрата: 1 су е било равно на 1/20 от ливрата и 1 дение — на 1/12 су. По този начин в най-дясното прозорче на машината се отчитат дениетата, във второто — сутата, а в останалите шест — ливрите на изчисляваната сума—бел. авт.



които са маркирани), чрез които се въвеждат числата. Броят на спиците на всяко колело е равен на броя деленията на скалата на съответния отвор (например крайното дясно колело може да има 10 или 12 спици). Всяко колело може да се върти около собствената си ос независимо от другите. Фиксирането на колелото на позицията за съответната цифра се извършва ръчно с помощта на водещ щифт или перо, който се вкарва между две съседни спици. Щифтът върти колелото, докато не стигне до неподвижен упор (указан с 2 на фиг. 13), закрепен на долната част на капака и подаващ се в отвора вляво от цифрата „0“ на цифровата скала. Резултатът се чете в редицата от прозорчета в горната част, където има прикрепена планка (указана с 1 на фиг. 13), която може да се премества нагоре-надолу, откривайки за виждане ту горната, ту долната редица цифри, чието предназначение ще опишем малко по-нататък.

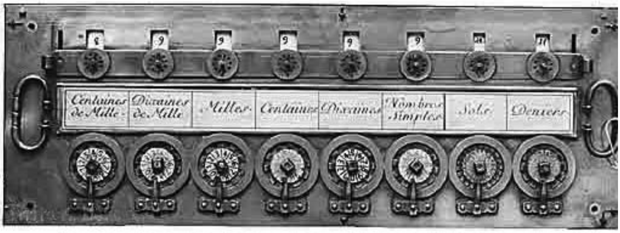


фиг. 11
Част от вътрешния механизъм на Паскалина

Нека на показаната на фиг. 11 схема проследим принципа на действие на механизма.

Установъчните колела, с чиято помощ се въвеждат числата, са обикновени плоски колела, по чиято периферия през 36^0 (1/10 оборот), 30^0 (1/12 оборот за разряда на дениетата) или 18^0 (1/20 оборот за сутата) са пробити отвори. Броячните колела са короновидни, т. е. нямат зъби, а пробити по периферията отвори, в които са вкарани пръчици (щифтове).

Движението се предава от установъчното колело (означено с *N* на долната схема от фиг. 11), което се върти от оператора с помощта на перо, през брояча, състоящ се от четири короновидни колела (B^1, B^2, B^3 и B^4), зъбно колело (*K*) и механизъм за пренасяне на десетиците (*C*) към цифровия барабан (*I*), показанията на който се виждат в прозорчетата на капака.

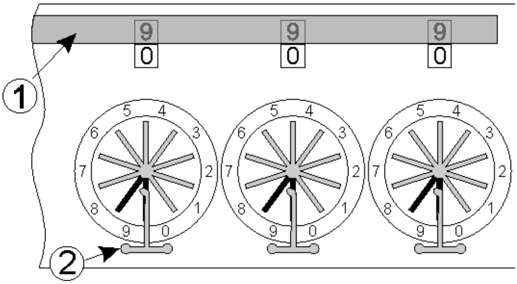


фиг. 12
Изглед отпред (с капак и без капак)

Механизмът за пренос, наречен от Паскал *sautoir* (превръзка), работи по следния начин (виж горната схема на фиг. 11):

Върху броячното колело на младшия разряд (B_1) има 2 щифта (C_1), които при въртенето на колелото около оста му (A_1) се зацепват за зъбите на вилката (M), разположена на края на двуколенния лост (D_1). Този лост свободно се върти около оста (A_2) на старшия разряд, а вилката носи език (запънка) E, снабден с пружинка. Когато при въртенето на оста (A_1) колелото (B_1) достигне позицията, съответстваща на цифрата шест, щифтовете (C_1) ще се зацепят за зъбите на вилката, а в момента, в който то премине от девет към нула, вилката ще се изплъзне от зацеплението и под действието на собственото си тегло ще падне надолу, увличайки със себе си запънката. Тя ще изтласка броячното колело (B_2) на старшия разряд на една стъпка напред (т. е. ще го завърти заедно с оста (A_2) на 36^0 (за десетичните разряди), или на 18^0 (за разряда на сутата). Лостът (L), който завършва със зъб във вид на брадвичка, ще играе ролята на запънка, възпрепятстваща въртенето на колелото (B_1) в обратна посока при повдигане на вилката.

Механизмът на пренос на *Паскалина* има едно голямо предимство пред този на Шикард — изисква се много по-малко усилие за предаване на движението между съседните колела, което позволява да се направи машина с много разряди. Това предимство обаче се заплаща с някои недостатъци — при преноса се чува звук, механизмът има склонност към грешки (при удар върху кутията понякога става произволно пренасяне, особено при непрецизна изработка на детайлите) и последния, но най-сериозен недостатък — колелата от механизма за пренос се въртят само в една посока. По този начин машината на практика работи като суматор, а за изваждане се използва операцията *събиране с допълване до 9*. Това неудобство би могло да бъде избегнато с въвеждането на допълнителни колела в механизма за отчитане, които да се активират при изваждане и да обръщат посоката на движение на цифровия цилиндър, но както Паскал, така и повечето следващи изобретатели (Лайбниц, Лепин, Лойполд и т. н.) не са искали да усложняват механизмите си и не въвеждат подобни колела.



фиг. 13
Нулиране на механизма (показани са само трите най-младши десетични разряда)

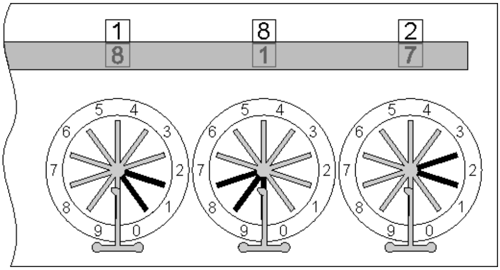
Завъртането на колелата се предава посредством механизма на машината към цифровите цилиндри (*I*), чиято ос е разположена хоризонтално (фиг. 12). Върху страничната повърхност на цилиндрите има два реда цифри, които се виждат в правоъгълните прозорчета на капака — тези от горната редица са разположени в намаляващ ред (от ляво на дясно) от 9 до 0, а тези от долната — в нарастващ ред от 0 до 9, така че ако в горното прозорче се вижда дадена цифра, в долното излиза нейното допълнение до 9 (например 3 в горното прозорче, върви заедно с 6 в долното, защото 3+6=9). Планката, поставена на капака на машината, може да се движи нагоре или надолу, откривайки или горната, или долната редица от числа. Долната редица се използва при събиране, а горната — при изваждане. Тъй като механизмът на машината се върти само в едната посока, ако при въртене на въвеждащите колела наблюдаваме долната редица цифри, ще забележим че цифрите се променят в нарастващ ред от 0 до 9, като в същото време цифрите в горната редица се променят в намаляващ ред — от 9 до 0. Нека проследим практическата работа с машината[1]:

Нулирането на механизма става чрез завъртането на колелата с помощта на перото така, че двете маркирани спици да застанат така, че между тях да остане цифрата 9 (фиг. 13). При това положение в долната редица се показват нули, а в горната—деветки (така е за десетичните разряди, в разряда за дениетата ще се покаже 12, а в този за сутата—20).

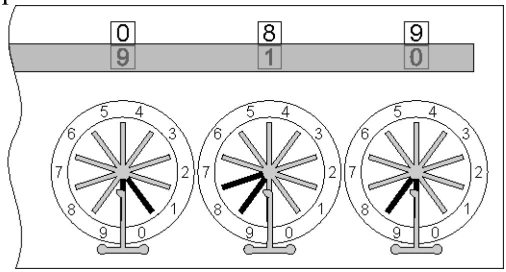
Най-лесно естествено ще бъде събирането. Ако искаме например да съберем 64 и 83, поставяме перото между спиците на колелото на единиците, между които е 4 и завъртаме до упор. В долната редица прозорчета (с планката сме закрили горната редица) виждаме 4. После поставяме перото между спиците за 6 при колелото за десетиците и завъртаме до упор. Получаваме 64, по същия начин въвеждаме и второто събираемо и получава-

1 Тъй като не са запазени указания за работа с машината от самия Паскал, в различни източници се посочват различни начини за смятане, особено за умножение и деление. Посочените от мен начини са оптимални като брой манипулации с машината, но изискват от оператора да използва таблицата за умножение (при умножение с машината) и да може да определя допълнение до 9 на цифрите (при изваждане и деление), което е елементарно за съвременния човек, но това едва ли е било така за хората преди няколко века. Може да се посочат и манипулации за смятане, които не поставят горните две изисквания към оператора, но биха изисквали от него много повече внимание и въртене на колелата — бел. авт.

ме резултата—147 (като при това машината ще направи пренос).



фиг. 14
Изваждане чрез *Паскалина*



Изваждането ще бъде малко по-трудно, защото изисква и малко умствена работа, нека например от 182 да извадим 93 (фиг. 14):

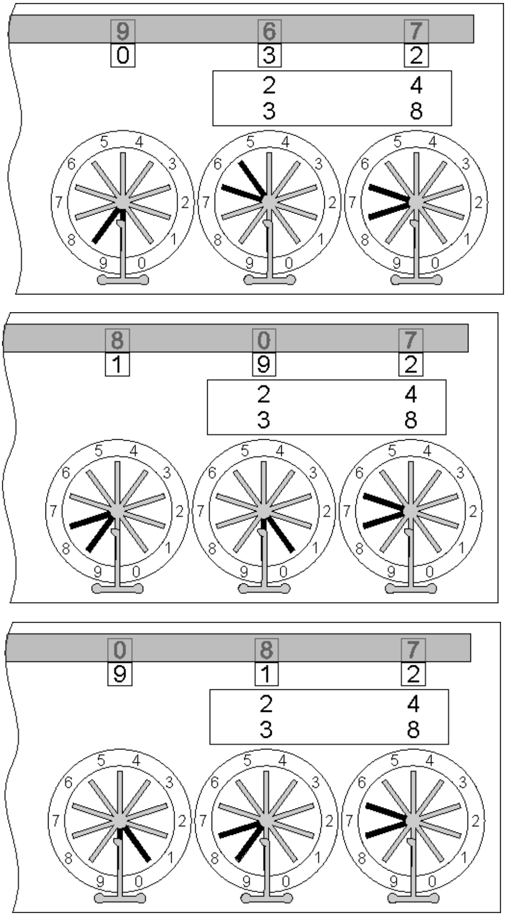
След нулиране на механизма преместваме планката надолу, за да се вижда горния ред цифри (в случая там ще се вижда 999). Най-лесно можем да въведем умаляемото, като въведем допълненията до 9 на цифрите му. В случая завъртаме колелото на единиците за 7 (допълнението до 9 за единиците на умаляемото, които са 2), след това правим същото за 1 (за десетиците) и 8 (за стотиците). Тъй като горният ред цифри на цифровите колела се върти в обратна посока, по този начин ние всъщност направихме изваждане 999–817 и получихме 182 в трите прозорчета (ако обаче сега преместим за малко планката и погледнем долния ред, ще видим там точно това, което въведохме—817, фиг. 14, горе). Ако сега вместо да изваждаме (защото машината просто не може да изважда, механизмът е еднопосочен), прибавим умалителя—93, като първо завъртим на 3 деления въвеждащото колело на единиците (по този начин ще върнем съответното цифрово колело на 3 деления и ще получим там 9, като при това ще се направи пренос към колелото на десетиците и то ще се върне едно деление назад към 7), а след това завъртим на 9 деления въвеждащото колело на десетиците (при това там ще се покаже 8 и ще се направи пренос към колелото на стотиците, който ще го върне от 1 към 0), то в трите прозорчета ще получим точно търсения резултат—089 (фиг. 14, долу).

Най-бързият начин за умножение на числа с машината ще изисква от оператора да използва таблицата за умножение[1]. Нека например умножим 24 по 38 (фиг. 15):

Умножаваме наум единиците на множителя по единиците на множимото (8.4=32) и въвеждаме резултата, като завъртаме на 2 деления колелото на единиците и на 3—това на десетиците (фиг. 15, горе). След това умно-

1 Умножението може да бъде извършено и без използване на таблицата за умножение, като се използва многократно сумиране, но този начин ще изисква много повече манипулации с механизма, затова не е удобен за реални изчисления—бел. авт.

жаваме единиците на множителя по десетиците на множимото (8.2=16) и въвеждаме резултата този път не в крайните два разряда, а преместен с един разряд наляво, т. е. 6 в разряда за десетиците и 1 в разряда за стотиците и получаваме 32+160=192 (фиг. 15, в средата). Повтаряме същите две умножения наум за десетиците на множителя по единиците на множимото (3.4=12), като въвеждаме резултата 12 в разрядите за десетиците и стотиците, и накрая за десетиците на множителя по десетиците на множимото (3.2=6), въвеждайки резултата в разрядите за стотиците и хилядите (в случая само 6 в стотиците). Получихме резултата 912 (фиг. 15, долу).



фиг. 15
Умножение чрез *Паскалина* (за удобство над въвеждащите колела са изписани множимото и множителя)

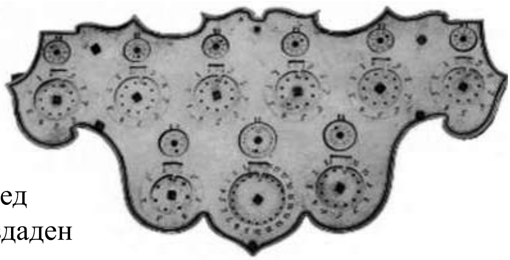
Делението с *Паскалина* се извършва по начин, подобен на този, който използваме днес при ръчното деление — разделяме делимото на части, съобразно стойността на делителя. След това изваждаме от първата част делителя, дотогава, докато остане стойност, по-малка от делителя и записваме броя на изважданията, това ще бъде първата цифра на резултата. След това залепваме към остатъка (ако има такъв) една или повече цифри от младшите разряди на делимото и продължаваме така, докато изчерпим всички цифри на делимото. Накрая ще имаме записани цифрите на резултата, а в прозорчетата ще остане остатък (ако има такъв).

Както виждате, работата с аритметичната машина на Паскал не е много лесна за оператора, но уредът е напълно работоспособен. Въпреки това обаче както *Паскалина*, така и множеството изработвани през следващите два века подобни машини не получават широко разпространение и са смятани само за екзотични играчки не само поради дължащите се на примитивната технология недостатъци, но и поради ограничената им практическа полезност (въпреки гръмките си имена и гордостта на създателите им, всъщност всички те представляват прости суматори, които не са подходящи за умножение и деление). Не по-маловажен обаче е фактът, че обществото все още няма истинска нужда от подобни машини, такива ще станат необходими едва през XIX век.

Повече от три века Блез Паскал е считан за изобретател на механичната сметачна машина и според мен това е заслужена слава, още повече че документи за устройствата на Леонардо да Винчи и Вилхелм Шикард са били открити едва през XX век. Леонардовият механизъм едва ли е бил изработен, освен това не е сигурно дали е бил предназначен за сметачна машина. От Шикардовата машина също няма запазено работещо копие и е почти сигурно, че изобщо не е било изработено такова. Няма никакво съмнение, че Паскал е работил напълно самостоятелно, без да знае за механизмите на предишните изобретатели, така че с право *Паскалинът* се счита за първата в света работеща сметачна машина. Още повече, че машината на Паскал е широко известна и описана в много книги, като по този начин оказва влияние върху повечето следващи изобретатели, като например Лайбниц и Перейра.

3.4. Тито Ливио Буратини (1659)

Следващият механичен калкулатор, за който имаме сведения, е създаден от италианският учен Буратини[1]. В италианския музей, в който се съхранява, има надпис, че е създаден през 1659 год. (според някои данни обаче уредът е създаден през 1669 год.).



фиг. 16
Машината на Буратини

Устройството удивително много прилича на уреда на Морленд, разгледан по-долу, така че е много вероятно да има взаимстване на идеи от единия от изобретателите. Уредът (фиг. 16) представлява тънка месингова плочка, приличаща на рицарски нагръден щит, върху която са монтирани 18 диска. Дисковете са свързани два по два, т. е. всеки малък диск с долния по-голям, така че машината е деветразрядна. Горните шест двойки са имали по 10 деления

1 Тито Ливио Буратини (1617-1681) е един от известните европейски енциклопедисти на XVII век, работил в областта на архитектурата, физиката, астрономията, механиката и др.—бел .авт.

(от 0 до 9), а долните са имали деления от 9 до 19, от 1 до 12 и от 1 до 7, съответно от ляво на дясно. Пренос може да става само от долните големи към горните малки дискове.

3.5. Семюъл Морленд (1666)

Известният английски изобретател Семюъл Морленд (1625-1705) (фиг. 17) не може да се похвали с благороден произход, тъй като баща му Томас Морленд е скромен пастор в селска енорийска църква. През 1649 год. обаче амбициозният младеж успява да завърши колежа Уинчестър в Кембридж, където след това остава като аспирант.

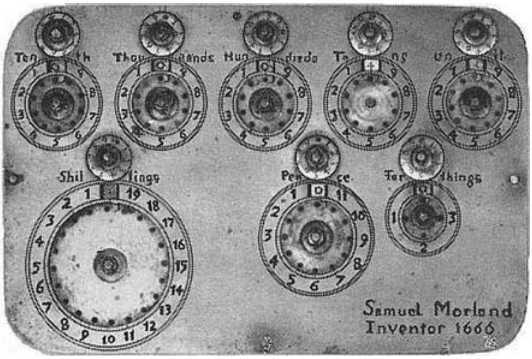
фиг. 17
Семюъл Морленд

Звезният миг на бедния студент идва през 1653 год., когато по препоръка на държавния секретар Терло е изпратен на дипломатическа мисия в Швеция. Младият Семюъл очевидно се е представил много добре на тази мисия, защото ръководителя на посолството Уайтлок го характеризира като „много възпитан човек и отличен учен, скромен и почтителен, владеещ перфектно латински и гениален механик“.

След като една година по-късно се завръща в Англия, Морленд става секретар на Терло. По-късно обаче се отказва от антимонархическтките си възгледи и се поставя в услуга на краля в изгнание Чарлз II. Кралят го посреща благосклонно и когато по-късно се завръща в Англия му се отплаща, като му дава титлата баронет, както и пенсия от 500 лири. Това обаче е твърде малко за Морленд, който скоро потъва в дългове. Ето какво пише той в автобиографията си за този период—„след като се разочаровах от възможността да се издигна в службата и да получа някакъв имот, аз се посветих на математиката и на такива експерименти, които биха могли да доставят удоволствие на краля“.

Англия загубва един посредствен държавник, но спечелва забележителен механик и откривател.

През останалите години до края на живота Морленд изобретява различни видове помпи, парни машини, говореща тръба (високоговорител), устройство за повдигане на тежки котви, два вида барометри и др. Три от изобретенията на Морленд се опитват да автоматизират изчислителната работа: разгледаната в Глава II на тази книга *умножителна машина*, която механизира смятането с *пръчки на Непер*, машината за намиране стой-



фиг. 18
Суматорът на Морленд

ностите на тригонометрични функции, (която може да се отнесе към класа на аналоговите изчислителни машини) и сумиращата машина, която ще разгледаме тук.

Както се вижда на снимката на създадената през 1666 год. машина (фиг. 18), на капака има осем двойки отвори, градуирани по периферията. Скалите на долните три големи отвора са разделени на 4, 12 и 20 части (те се използват за пресмятане на суми в английските парични единици по това време — фартинги, пенсове и шилинги), а горните отвори имат десетични скàли за пресмятане в десетична бройна система. Под всеки отвор има диск, градуиран по начин, подобен на отвора и въртящ се заедно с ос, закрепена на долния капак на машината. Срещу всяка цифра на диска има отвор, в който се вкарва щифт, за да може да се завърти диска на определен ъгъл и по този начин нужната цифра да се установи в даден разряд на машината. Тази цифра се вижда в прозорчето на горната част на всяка скала. Под прозорчето, малко встрани от неговия център, е разположен ограничител, който служи като фиксатор на щифта при въвеждане на числата.

Над всеки голям диск има по-малък диск, който служи като брояч на оборотите на долния. Това се постига с помощта на еднозъбо предаване—долният диск има един зъб, а горният—10, така че при пълен оборот на долния диск, горният се завърта на 1/10 оборот (очевидно Морленд е преоткрил еднозъбата предавка на Шикард). За отчитане на завъртането над горния диск е поставена десетична скала.

В началото на смятането всички дискове с помощта на щифтове се поставят в нулево положение. При събирането долният диск се върти по посока на часовниковата стрелка, а при изваждане — в обратна посока, при което в последния случай щифтът се вкарва в отвора, намиращ се под прозорчето, а дискът се върти до съвпадане с цифрата на изваждането число.

Машината няма механизъм за пренос на десетиците между разрядите.

Уредът на Морленд, макар и твърде красив на външен вид (скалите са много добре изработени, капакът е посребрен), е доста по-елементарен и с по-ограничена практическа употреба от тези на Шикард и Паскал. Твърде точно определение на тази машина дава един негов съвременник, след като се запознал с нея —„много хубава, но не много полезна“.

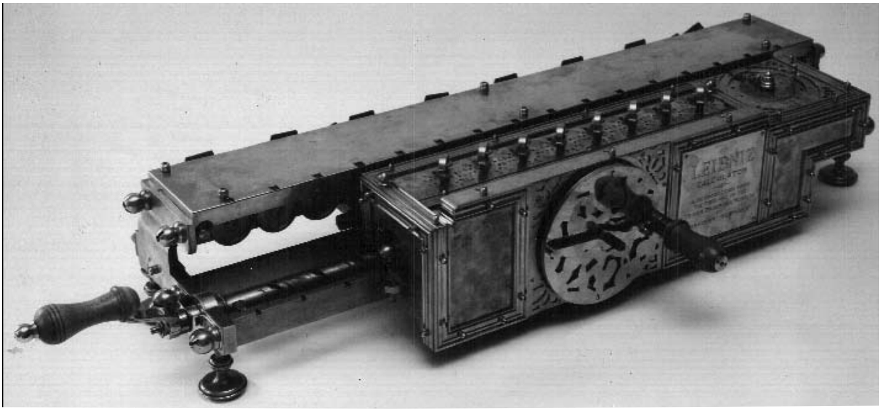
3.6. Готфрид Вилхелм фон Лайбниц (1673)

фиг. 19
Готфрид Лайбниц

Първата половина на XVII век е катастрофална за Германия, която в този период е разделена на десетки полуавтономни държавици. Тридесетгодишната война (1618-1648 год.) опустошава много села и градове, става причина за смъртоносни епидемии, довежда до упадък търговията и занаятите, населението на страната намалява с една трета. Именно в тази изстрадала европейска страна, на 1 юли 1646 год. в Лайпциг, Саксония, се ражда гениалният математик и философ Готфрид Вилхелм Фрайхер фон Лайбниц (фиг. 19), наричан от някои *последния универсален ум на човечеството* заради енциклопедичните си знания и влиянието си върху цялата европейска наука.

Това се случва в семейството на преподавателя по морална философия в Лайпцигския университет Фридрих Лайбниц (1597-1652), и третата му жена Катарина Шмук (1621-1664). Момчето е едва на 6 години, когато умира баща му и грижите за неговото възпитание преминават изцяло в ръцете на майка му, образована и умна жена, дъщеря на известен преподавател по право. Още като дете Готфрид показва изключителни способности, на 14 години записва право в университета, където се дипломира три години по-късно като магистър по философия, а през следващите четири години защитава бакалавърска и докторска степен по право. След това непрекъснато чак до смъртта си той е на служба отначало при курфюрста на Майнц, а след това при херцога на Хановер. Изпълнявайки техните поръчения, Лайбниц става ту дипломат и държавник, ту историк и архивист, занимава се с въпросите на просветата и църковните дела, подобрява рудничното и монетното дело, прави химически и медицински опити, изобретява различни устройства, лансира ценни идеи в математиката, биологията, психологията и лингвистиката.

Лайбниц поразява съвременниците си с фантастичната си ерудиция, почти свъхестествена памет и удивителна работоспособност. През целия си живот той търси универсалния метод за научно познание. Като почти всички свои съвременници той е религиозен, но смята, че създаденият от разума на Твореца (Бог) свят живее по закони, които не може да пристъпи даже техният създател. От това свое разбиране той прави извода, че светът



фиг. 20
Стъпалният изчислител на Лайбниц, екземпляр от 1694 год.

може да бъде опознат от разума на човека, както и че съществува универсален метод за това опознаване. Лайбниц се опитва да създаде математически модел на този метод, измисляйки т. нар. *lingua generalis* — универсален език, който би дал възможност всички разсъждения да се заменят с изчисления, извършвани подобно на алгебричните, посредством думите и символите на този език, еднозначно отразяващ понятията.

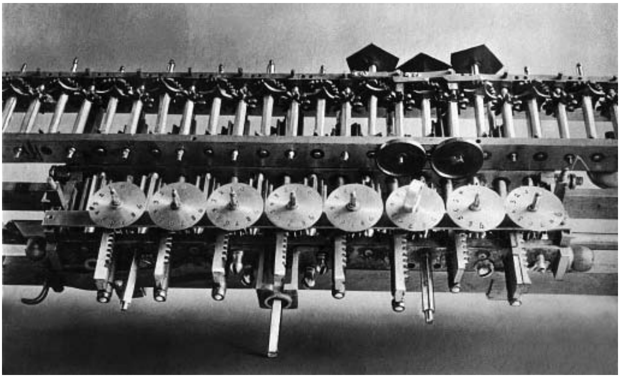
Първият опит на Лайбниц да създаде такъв език е в докторската му дисертиация *За комбинаторното изкуство*[1]. Ето какво казва той за целта на lingua generalis: „тогава диспутът между двама философи няма да бъде по-необходим от диспута между двама счетоводители. За разрешаване на противоречията ще им бъде достатъчно да вземат калемите и като седнат до плочата за писане, да си кажат един на друг „хайде да изчисляваме“.

Разбира се, тази негова свръхамбициозна задача е била обречена на неуспех, но идеите ѝ са залегнали в основите на съвременната символична логика — един от крайъгълните камъни на кибернетиката. Норбърт Винер[2] казва, че ако тази наука се нуждае от светия-покровител, то за такъв би трябвало да бъде признат Лайбниц.

Лайбниц е мислил върху възможността за създаване на изчислително устройство няколко години преди да бъде изпратен през 1672 год. с дипломатическа мисия в Париж. Там той се запознава с Паскаловия суматор и решава да създаде усъвършенствана машина, която да може да извършва не само сумиране, но и изваждане, умножение и деление.

Първоначално Лайбниц възнамерява да подобри машината на Паскал, като монтира в горната ѝ част допълнителен механизъм, но скоро разбира, че за операциите умножение и деление е необходим съвсем нов при-

1 Dissertatio de arte combinatoria, написан през 1666 год. — бел. авт.
2 Norbert Wiener (1894–1964), американски математик, създател на кибернетиката — бел. авт.



фиг. 21
Копие на машината на Лайбниц

нцип на работа, който би дал възможност да се въвежда само веднъж множимото (делимото) в брояча и да се получават междинните суми (остатъците при деление) с едно движение на задвижващата ръчка.

Първото споменаване на машината на Лайбниц (т. нар. *стъпален изчислител*) е от 1672 год. През месец януари 1673 год. Лайбниц представя на заседание на Лондонското кралско дружество, за чиито член е избран, дървен прототип на машината. Демонстрацията очевидно не е била твърде успешна, защото ученият признава, че „инструментът е несъвършен“ и обещава да го подобри, когато се завърне във Франция. В Париж Лайбниц открива един много сръчен механик—Оливие[1], изработил първия работещ метален екземпляр, който през 1675 год. е представен пред френската Академия на науките и получава възторжени отзиви от двама от най-известните членове на академията—Антоан Арно и Християн Хюйгенс. Освен дървения прототип са изработени вероятно още 4 или 5 екземпляра, а до наши дни е запазен само един (фиг. 20) и 2 копия (фиг. 21).

Ето какво казва гордият изобретател (малко преувеличавайки според мен) за своя уред—„Успях да построя такава аритметична машина, която се отличава безкрайно много от машината на Паскал, тъй като дава възможност да се извършва умножение и деление с огромни числа мигновено, без да се прибягва към последователно събиране и изваждане“.

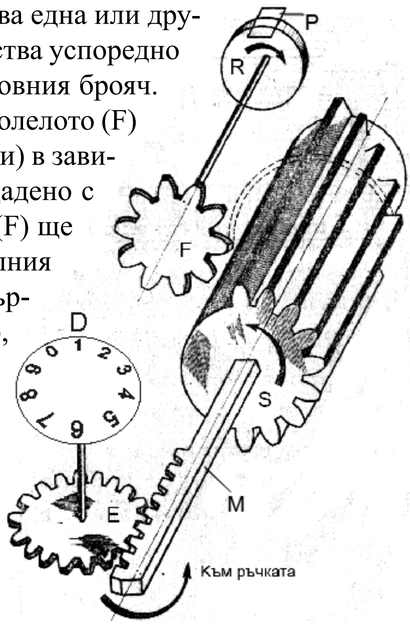
Машината е с размери 67/27/17 см. Основен конструктивен елемент в нея е т. нар. *стъпален цилиндър* (означен с S на фиг. 22). Това е метален цилиндър, на чиято повърхност успоредно на оста са разположени девет стъпала (зъби) с различна дължина.

Ето какъв е принципът на действие на механизма на Лайбниц (фиг. 22):

Стъпалният цилиндър (S) се надява на четириъгълна ос с резба (M) от типа на назъбена рейка. Тази рейка се зацепва със зъбно колело (E), свързано с установъчния диск (D), върху който са нанесени цифрите от 0 до 9. Когато изчисляващият завърта установъчния диск така, че в отворите на

1 Оливие работи за Лайбниц до 1694 год., след това Лайбниц използва помощта немския механик Левин от Хелмщед, който изработва последния вариант на машината през 1710 год.—бел. авт.

капака (непоказан на рисунката) се появява една или друга цифра, стъпалният цилиндър се премества успоредно на оста на десетзъбото колело (F) на основния брояч. Когато цилиндърът се завърти на 360^0, с колелото (F) ще се зацепят различен брой стъпала (зъби) в зависимост от размера на преместването, зададено с установъчния диск. Съответно колелото (F) ще се завърти на различен брой части от пълния оборот. Заедно с него ще се завърти и свързаният с него цифров диск или ролка (R), чиито показания се виждат в прозорчето (P) на капака. Със следващия оборот на цилиндъра в брояча отново ще се пренесе същото число.



фиг. 22
Схема на разработения от Лайбниц механизъм със *стъпален цилиндър*

Въвеждащият механизъм на машината е осемразряден (има осем стъпални цилиндъра), така че след въвеждане на числото чрез установъчните колела с едно завъртане на предната задвижваща ръчка (свързана с главното задвижващо колело *Magna Rota*), всички стъпални цилиндри правят по един оборот, добавяйки цифрите към съответните броячи на разрядите.

Събирането с тази машина (фиг. 23) е лесно. Едното събираемо се въвежда в резултативните прозорчета (има механизъм за директно въртене на цифровите дискове, чрез който може да се прави нулиране и въвеждане), другото — с помощта на установъчните колела и се завърта предната ръчка на един оборот, след което в прозорчетата се получава резултата.

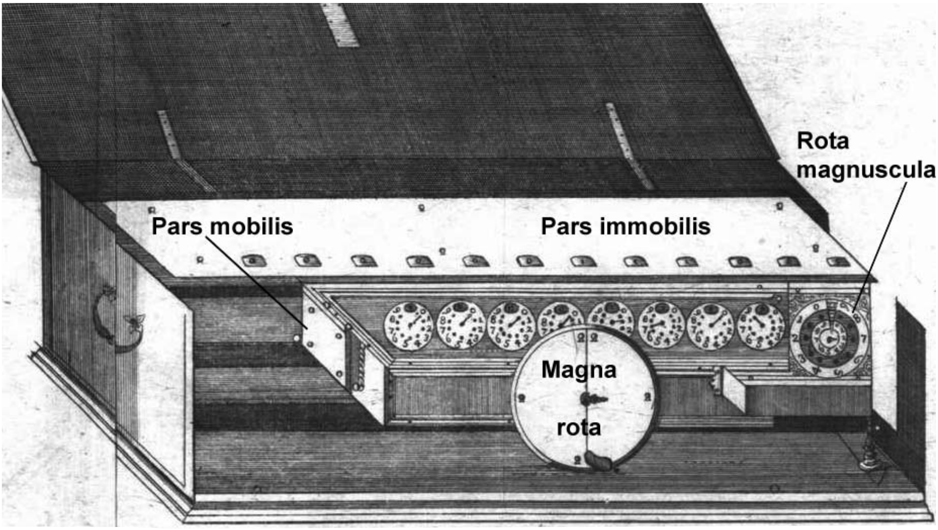
Умножението се извършва чрез последователно събиране, като за улесняване на умножението по многозначни числа, механизмът е разделен на две части — подвижна (*pars mobilis*) и неподвижна (*pars immobilis*). Подвижната част може да се премества наляво и надясно с помощта на ръкохватка. Ето например как ще бъде направено умножение на две числа — 4985 по 43.

1. Въвежда се множимото 4985 с помощта на установъчните колела.

2. Предната ръчка се завърта на три оборота (единиците на множителя), при което в резултативните прозорчета се появява 14955 (3.4985).

3. Подвижната част се измества един разряд наляво с помощта на ръчката *К*.

4. Предната ръчка се завърта на четири оборота (десетиците на множи-



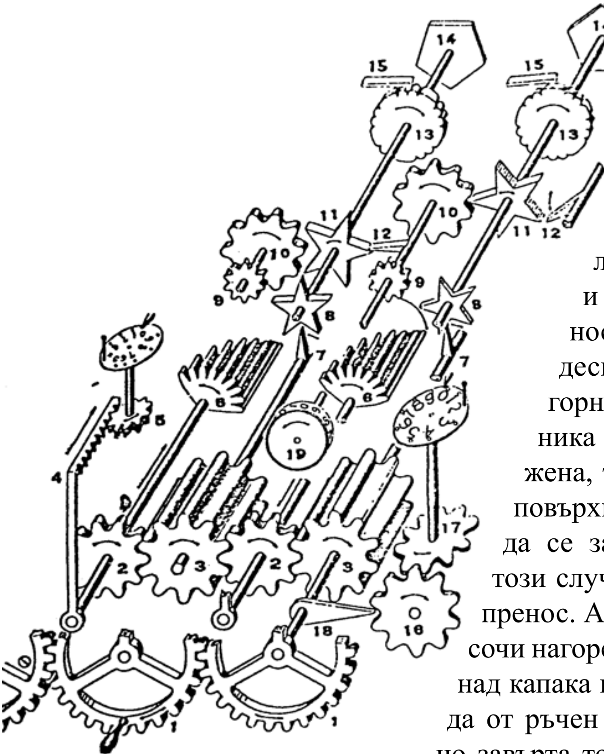
фиг. 23
Рисунка на машината на Лайбниц

теля), което е равносилно на прибавяне към междинния резултат (14955) на 199400 (40.4985), след което получаваме крайния резултат — 214355.

Как обаче са били извършвани изваждането и делението? Ами очевидно е била използвана операцията *събиране с допълване*, описана по-рано при машината на Паскал, защото всъщност в прозорчетата се виждат две редици цифри. Едната, оцветена в черно, се използва при събиране и умножение, а другата — червена (представляваща допълнение до 9 на черната), при изваждане и деление.

Един от сериозните недостатъци на машината на Лайбниц е свързан с механизма за пренос на десетиците, който не е напълно автоматичен, както личи от схемата на действие на запазените до наши дни машини. На фиг. 24 са показани механизмите на два цифрови разряда на машината. С 6 са означени стъпалните цилиндри. С 10, 11, 12, 13 и 14 са означени частите, влизащи в механизма за пренос.

Когато трябва да бъде направен пренос, тогава лостчето (7) влиза в контакт с звездовидното колело (8) и завърта оста така, че по-голямото звездовидно колело (11) завърта зъбното колело (10). На оста на това колело има лостче (12), което завъртайки се, предава движението към звездовидното колело (10) на следващият разряд, увеличавайки по този начин с единица показанието му, с което преносът е осъществен. Предаването на преноса обаче спира дотук, т. е. ако колелото на разряда, към който е пренесена единицата е показвало 9, и преносът трябва да се предаде към следващия разряд, това не може да стане автоматично с този механизъм. Тук вече влизат

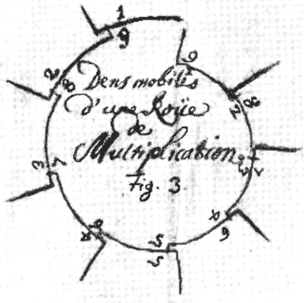


фиг. 24
Механизмите на два цифрови разряда

в действие петоъгълните дискове (14), които са така закрепени за оста, че горните им страни са хоризонтално разположени, когато преносът е извършен (както е левия диск 14 на схемата) и с ръба нагоре, когато преносът не е направен (както е десния диск на схемата). Ако горната страна на петоъгълника е хоризонтално разположена, тя няма да се показва над повърхността на капака и няма да се забелязва от оператора, в този случай не е необходим ръчен пренос. Ако обаче един от ръбовете сочи нагоре, тогава той ще се показва над капака и ще показва, че има нужда от ръчен пренос. Операторът ръчно завърта този диск, осъществявайки по този начин висящия пренос. Ако при тази операция над капака се покаже ръб на друг петоъгълен диск, пак се прави ръчен пренос.

Както вече споменахме, машината се състои от две части (фиг. 23). В горната неподвижна част (pars immobilis) е разположен дванадесетразряден броячен механизъм. В долната подвижна част (pars mobilis) е осемразряден изчислителен механизъм със стъпални цилиндри, който може да се придвижва наляво или надясно с ръчка, така че да влиза в контакт с механизмите на различни разряди на броячния механизъм. След като множимото е въведено с установъчните колела в подвижната част, предната ръчка се завърта на толкова оборота, колкото е съответната цифра на множителя, после при необходимост (многоцифрен множител), подвижната част се отмества наляво и така докато се изчерпят всички цифри на множителя.

За да се предотвратят операторски грешки, например завъртането на ръчката на обороти, чиито брой не е равен на множителя, е въведен спомагателен брояч, разположен в долната дясна част на машината. В подвижната част на брояча е разположено голямото колело (Rota Magnuscula), състоящо се от три части: външна неподвижна част във вид на пръстен със скала с цифрите от нула до девет, средна въртяща се част на пръстена с 10 отвора и вътрешна неподвижна част, където цифрите от нула до девет са разположени в обратен ред спрямо тези на външния пръстен (и представляват допълнение до девет на тези цифри, например срещу цифрата шест от външния стои три от вътрешния пръстен). Външният пръстен на голямото колело се използва при операциите събиране и умножение, а вътрешният—при изваждане и деление.



фиг. 25
Лайбницовото колело с променлив брой зъби

Между цифрите нула и девет на външния пръстен има упор, насочен към центъра на колелото. При завъртане на главното задвижващо колело (Magna Rota) средният пръстен на голямото колело се завърта на едно деление по посока на часовниковата стрелка. Ако предварително се вкара щифт в отвора на този пръстен, да кажем срещу цифрата седем на външния пръстен, след седем оборота на задвижващия пръстен този щифт ще опре в неподвижния упор и с това ще спре въртенето на задвижващото колело и операторът ще разбере, че вече е направил необходимия брой обороти с предната ръчка.

Лайбниц остава в паметта на следващите поколения главно със своите открития в областта на математиката и философските си трудове, а не с изработената от него сметачна машина. Ученият обаче се занимава с подобряването на тази машина почти 40 години — от първоначалния проект през 1672 чак до 1712 год., изразходвайки (според някои историци) за изработката на моделите и експерименти огромната за времето сума от 24 хиляди талера. Тази машина можем да наречем първият в света аритмометър — устройство, способно да извършва четирите аритметични действия. Измисленият от него механизъм със *стъпален цилиндър* може да се срещне в конструкциите на сметачните машини и през XX век.

Интересен чертеж е открит в един от ръкописите на Лайбниц (фиг. 25). От него се вижда, че той е стигнал до идеята за изчислителен механизъм базиран на зъбно колело с променлив брой зъби преди Джовани Полени, който пръв я реализира на практика. Сметачните машини, базирани на зъбни колела с променлив брой зъби стават изключително популярни в края на XIX и началото на XX век.

Готфрид Лайбниц умира на 14 ноември, 1716 год. в Хановер, болен, пренебрегнат и изтощен от противоречията с други учени (едно от тях е с Нютон, с който са имали спор за откритието на диференциалното и интегралното смятане). Както казва един негов съвременник „той беше погребан сякаш беше крадец, а не като украшение на страната си, каквото всъщност представляваше".

3.7. Клод Перо (около 1670)

Французинът Клод Перо[1] (1613-1688) не се отличава много от разгледаните дотук изобретатели на сметачни машини. Изключително ерудирана и енциклопедична личност — лекар, архитект, физик, преводач, поет, археолог, конструктор, механик. Да се чуди човек как му е останало време да изобрети и едно доста необикновено сметачно устройство.

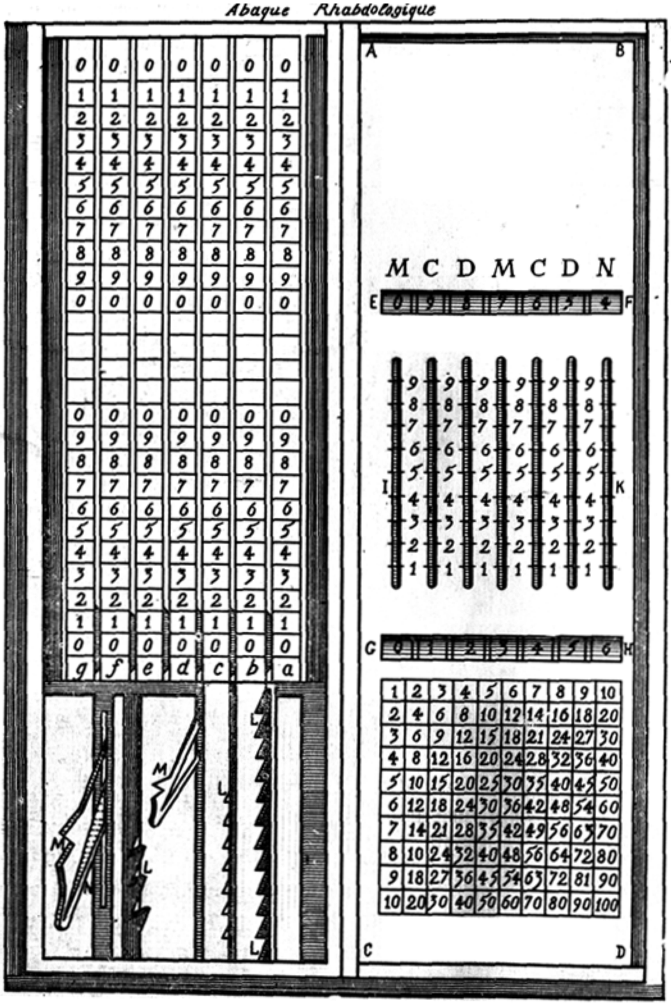
фиг. 26
Рабдологическия абак на Клод Перо

В една издадена след смъртта му книга[2] са описани много негови изобретения, между които и сумиращото устройство, наречено от него „Рабдологически абак", създадено вероятно около 1670 год. Принципът на неговото действие се различава съществено от предишните разгледани от нас уреди, защото вместо зъбни колела в него се използват зъбни рейки (кремалиери).

Устройството (фиг. 26 и фиг. 27) представлява метална плоча с „дебелина един пръст", дължина около 30 см и широчина — около 12 см. В нея са поставени седем пластинки (*a, b, c, d, e, f, g*), които могат да се движат нагоре и надолу. Те са разделени по дължина на 26 части с дълбоки прорези, в които се вкарва острието на щифта, който осъществява преместването на линийките. В междините между прорезите са изписани възходяща и низходяща цифрова редица, между които има четири празни деления. Линийката *a* служи за представяне на единиците, линийката *b* — на десетиците и т. н. до „милионната" линийка *g*. Линийките са отделени една от друга чрез тънки пластинки, в долната част на които има отвори.

До основата на всяка линийка (освен тази за единиците) от дясната страна има гребен (*L*), състоящ се от 11 зъба, разстоянието между които е равно на разстоянието между цифрите върху линийките. От другата страна на линийката се намират кукичките *M*, снабдени с пружинки. Благодарение на разделящата пластинка, кукичката ще бъде скрита в тялото на линийката, докато не се разположи симетрично спрямо отвора в пластинката, тогава пружината ще изтласка кукичката, която ще премине в отвора и ще се зацепи за зъба на лежащата отляво пластинка, като по този начин ще я придвижи с едно деление надолу и ще осъществи пренос.

1 Брат на известния академик, писател и литературен теоретик Шарл Перо (1628-1703) — бел. авт.
2 Recueil de plusieurs Machines, de Nouvelle Invention, изд. 1700 год. в Париж — бел. авт.



фиг. 27
Схема на *рабдологическия абак* на Клод Перо (вляво–без капак)

Върху лицевия капак на машината *ABCD* има две дълги хоризонтални прозорчета *EF* и *GH*. Когато линийките се издигат или спускат, в тези прозорчета се показват цифрите на пластинките, при което сумата от цифрите на една и съща линийка в горното и долното прозорче винаги е равна на десет. Прозорчето *GH* се използва при операцията събиране, а *EF* — при изваждане. Между тях са разположени седем тесни вертикални канала *I*—*K*, по дължината на които са нанесени скали. Техните деления са номерирани с цифрите 1, 2,..., 9. В горната част на лицевия капак е гравирана таблицата за умножение.

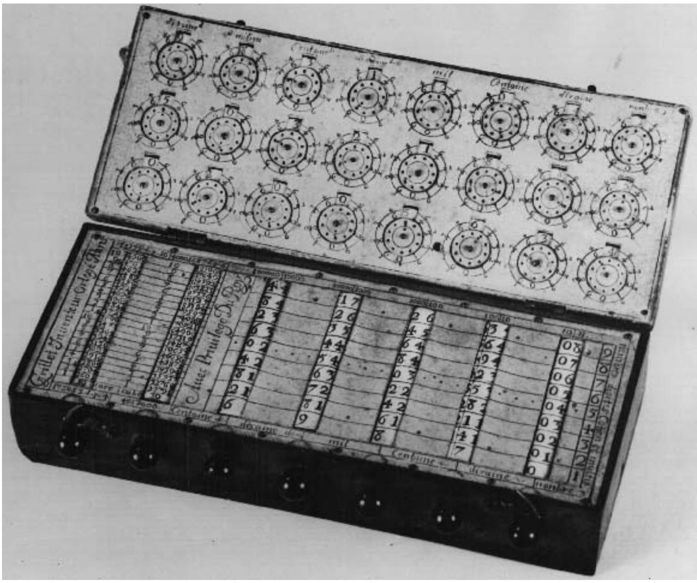
За въвеждане на число се поставя щифт в съответен прорез на линийката, който се вижда във вертикалния канал и се премества линийката, докато щифтът не опре в долното чело на канала. При това въвежданото число ще се покаже едновременно в двете прозорчета.

Ако към въведеното число, да кажем седем, трябва да се добави шест, постъпва се по аналогичен начин. При това при преместването на линийката *a* към основата на машината, кукичката *M* влиза в зацепление със зъбите на линийката *b* и я премества на едно деление надолу. В резултат на това в разряда на десетиците на долното прозорче ще се появи единица. За да се получи вярната цифра в разряда за единиците (т. е. 3), трябва без да се извлича щифта от прореза, линийката да се придвижи нагоре, докато щифтът не опре в челото на канала.

При изпълнението на операцията изваждане действията на изчислителя са аналогични, но резултатът се чете не в долното, а в горното прозорче. Ако умаляемото съдържа една или няколко нули, тогава резултатът от операцията трябва да се коригира.

Остроумната идея на Клод Перо стои встрани от общата посока на развитието на сметачните машини, свързана с използването на зъбни колела, но въпреки това намира впоследствие приложение в редица много прости и надеждни сметачни уреди, като популярния *комптатор* на германския изобретател Ханс Забелни (патентован през 1909 год.).

3.8. Рене Грийе дьо Рован (1678)



фиг. 28
Новата аритметична машина на Рене Грийе

Първото споменаване на суматора на французина Рене Грийе дьо Рован, механик и часовникар на крал Людовик XIV, е от 1673 год. По-късно, през 1678 год., в статия в първото научно списание в Европа[1] Рене Грийе дава кратко и доста неясно описание от три страници текст и една схема на проектираното от него устройство, носещо гръмкото име *нова аритметична машина* (фиг. 28).

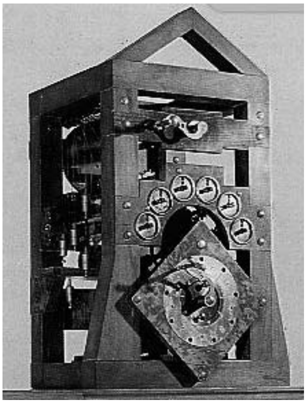
Устройството представлява съчетание на прост суматор с цилиндрични

1 Френското списание Journal des Sçavans (Журнал на учените), издава се от 1665 год. — бел. авт.

пръчки на Непер, въртящи се с помощта на ръкохватки, подобно на уреда на А. Кирхер, описан в предишната глава. Има три реда по девет циферблата, разположени един под друг. Числата се въвеждат чрез въртене на циферблатите с перо. Машината няма механизъм за пренос. Грийе се опитва да спечели пари от своя уред, (вероятно затова и не го описва подробно), като го демонстрира срещу заплащане в манастира Сен Жан Латран, а впоследствие изработва още едно усъвършенствано копие.

3.9. Джовани Полени (1709)

Маркиз Джовани Полени (1683-1761) е роден във Венеция. Надареният със *забележителни способности и живост на ума* Джовани още като младеж избира академичната кариера, въпреки желанието на родителите си да стане съдия — занятие, къде по-достойно за благородник. На 26 години вече е професор по астрономия в Падуа, после става професор и по физика и математика. Едновременно с научните си занимания Полени конструира различни уреди и механизми, занимава се с археология, архитектура — истински енциклопедист, както и повечето разгледани досега от нас изобретатели.



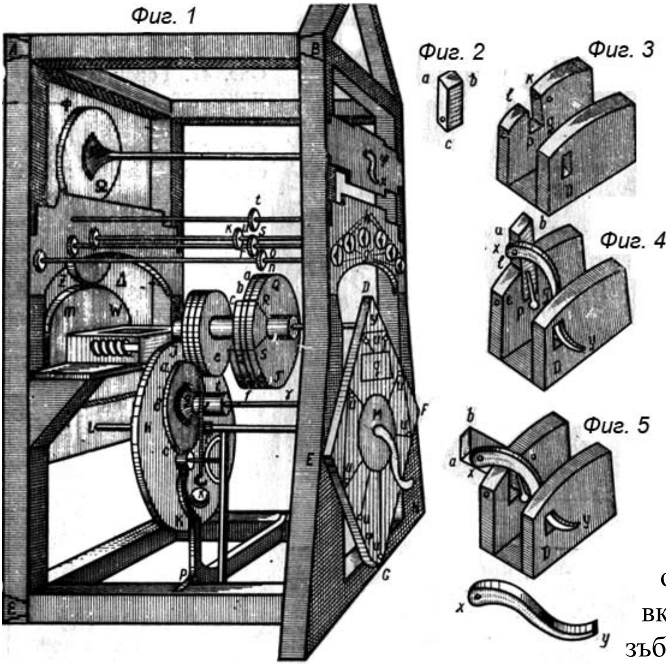
фиг. 29
Копие на машината на Полени

В издадената си през 1709 год. книга[1] Полени описва изобретената от него т. нар. *аритметична машина*. Повод за особен интерес към изобретената от него машина е фактът, че за пръв път в нейната конструкция се среща т. нар. *зъбно колело с променлив брой зъби* (въпреки че, както вече казахме, Лайбниц вероятно е проектирал схема на подобен механизъм, Полени обаче едва ли е бил запознат с ръкописите на Лайбниц). Той изработва два екземпляра от машината, които са почти изцяло дървени и имат внушителни размери (фиг. 29). Нека разгледаме устройството на машината (фиг. 30).

Механизмът се задвижва от тежестта *K*, завързана за свободния край на въжето *l*, което е навито около закрепения за оста γg цилиндър *t*. На същата ос са закрепени зъбните колела *abc* и *IHK*, предаващи въртенето на оста γg на две други оси, означени като *VY* и *LM*.

На оста *VY* отдясно се намира основния елемент на машината — зъбно колело с променлив брой зъби. То се състои от плосък диск *QRST* и раз-

1 Miscellanea, изд. през 1709 год. в Падуа, Италия — бел. авт.



фиг. 30
Устройство на *аритметичната машина* на Полени

положени вляво от него три зъбни сектора $a-b$, $c-d$, $e-f$ (т. е. въвеждащият механизъм е триразряден). Всеки сектор се състои от девет двуребри блокчета – жлебове (в дясната част на фигурата е показан отделен жлеб). В лявото ребро на жлеба има правоъгълен прорез $klpq$, а в десния, правоъгълен отвор D. В прореза се вкарва правоъгълния зъб abc, за който е закрепен снабдения с пружина лост xy. Свободният край на лоста се вкарва в отвора D. Ако се натисне с пръст лоста, така че неговият край да се окаже на долното чело на отвора D, зъбът ще заеме положение, при което ще бъде перпендикулярен на периферията на реброто. В това положение той може да се зацепи със зъбното колело на основния брояч, което е разположено над зъбното колело с променлив брой зъби. Но ако свободният край на лоста се намира в горното чело на отвора D, зъбът е отклонен настрани и зацепването при това положение е невъзможно.

По този начин във всеки от трите сектора може ръчно да се установи нужния брой зъби, които трябва да се зацепят за съответното колело на основния брояч. При това секторът $a-b$ съответства на разряда на единиците, $c-d$ — на разряда на десетиците, $e-f$ — на разряда на стотиците.

Външните колела на основния брояч са разположени над входното устройство. Отчитащият механизъм на машината е шестразряден (има шест оси със зъбни колела). Всяка ос завършва със стрелка, която пълзи над цифровия диск hg, разположен в лицевата част на машината. Механизмът за пренос на десетиците, който използва еднозъба предавка, не е показан на фигурата.

Спомагателният брояч (отчитащ оборотите на сметачния механизъм) е подобен на Лайбницовия. На десния край на оста *LM* е надянат кръгъл диск с ръчка. Дискът свободно се върти (заедно с оста) в квадратна пластинка *DEGF*. В тази пластинка има девет отвора *и*, разположени по такъв начин, че за един оборот на съответното колело ръчката *MN* преминава пътя от един отвор до друг (при това дискът се завърта на 1/10 оборот). В един от отворите *и* се вкарва дълъг щифт, който спира движението на елементите на машината, когато ръчката опре в него.

Изработените от Полени прототипи не работят надеждно, особено механизмите им за пренос, но това не се дължи на принципът на действие на колелото с променлив брой зъби. Както ще видим по-късно, подобни механизми конструират много изобретатели през следващия век и половина, като сметачните машини на Болдуин и Однер стават изключително популярни през XIX и XX век.

3.10. Каз (1720)

фиг. 31
Суматорът на Каз

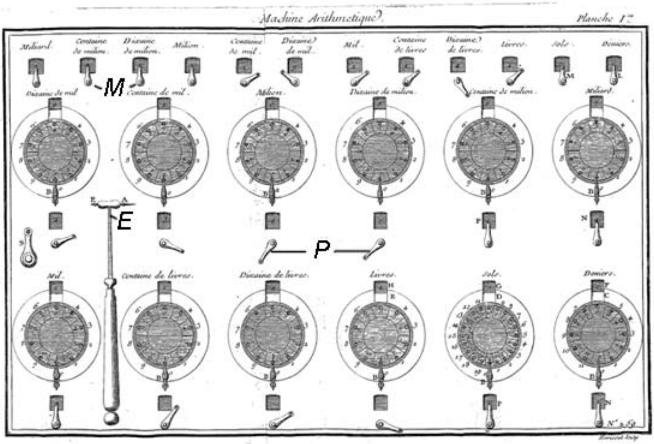
Вероятно най-елементарното сумиращо устройство представлява разграфена линийка, спрямо която се движи друга линийка. Ако например трябва да съберем 5 и 4, нагласяме срещу петото деление на първата линийка, началото на втората, и срещу 4 на втората прочитаме резултата (9). Едва ли има голяма полза от подобно устройство, но въпреки това работещият на този принцип суматор на френския механик Каз (Caze) (фиг. 31) придобива известна популярност в началото на XVIII век, носейки гръмкото име „аритметична машина“. Най-дясната двойка линии служи за сумиране на единиците, следващата до нея — за десетиците и т. н. Уредът не разполага с механизъм за пренос на десетиците. Линийките се придвижват нагоре/надолу с помощта на дървено перо.

3.11. Жан-Антоан Лепин (1725)

В отпечатания през 1725 год. том[1] на изданието на Френската академия на науките е описана машината на парижкия механик и часовникар Жан Лепин (баща на известния френски часовникар Жан-Антоан Лепин).

Машината (фиг. 32) представлява дванадесетразряден суматор, най-

1 Machines et inventions approuvées par l'Académie royale (машини и изобретения, утвърдени от кралската академия на науките), том IV, 1725 год. — бел. авт.



фиг. 32 Изглед отпред на машината на Лепин

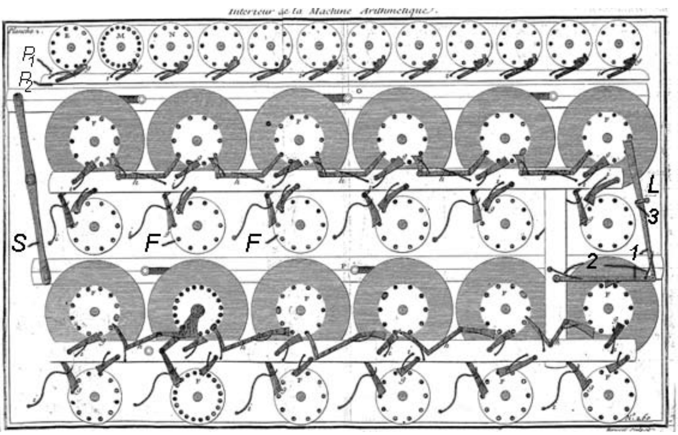
младшият разряд е с дванадесет деления, следващият — с двадесет деления, а останалите 10 разряда са десетични. Тези деления са съобразени с френската парична система по това време (най-младшият разряд е предназначен за дениетата, вторият отдясно — за сутата, а следващите — за ливрите или за непарични изчисления).

За по-голямо удобство короновидните колела са подредени в две редици една под друга. Преносът от шестия (последния долен) към седмия (първия горен) разряд става чрез система (означена с *L* в дясната част на фиг. 33), състояща се от две лостчета (*1*), две пружини (*2*) и една скоба (*3*). При всеки пълен оборот на шестото колело един от щифтовете (който е удължен) повдига долното лостче, избутвайки по този начин страничното лостче, което завърта на 1/10 оборот седмото колело. Двете пружинки и скобата отстрани имат фиксираща и поддържаща функция.

Дванадесетте колела в горната част на машината не са свързани едно с друго и с основния механизъм и служат като паметка за междинните резултати от пресмятанията. На фиг. 33 се вижда ясно фиксиращия механизъм на всяко колело, състоящ се от пружинка и лостче (P_1 *и* P_2) (фиксиращият механизъм на долните, визуализиращи резултата колела е изработен по същия начин). Въртенето им става чрез лостчетата *M* (фиг. 32), които са свързани с осите на колелата и се въртят посредством перото *E*. Над прозорчетата, в които се виждат изписаните по периферията на дисковете цифри, са надписани единиците, означавани със съответния разряд (дение, су, ливри, десетки ливри и т. н. до милиарди в най-старшия разряд).

Числото се въвежда в основния механизъм, като се използва перото *E*. То има две остриета, късо и дълго. Въвеждането на числата в машината става чрез въртене на циферблатите, които са разделени на 12, 20, 10 и т. н. деления. Под тези циферблати има друг диск, в който има същия брой отвори, като в циферблата. По периферията на долните дискове са изписани цифри, които се виждат в прозорчетата над дисковете и служат за показване на въведеното в механизма число.

Когато в дупките на циферблата се вкара дългото острие на перото, тогава той се върти заедно с долния диск, ако обаче се вкара късото острие, тогава се върти само циферблата, а дискът за показване на въведеното число остава неподвижен.



Фиг. 33
Вътрешно устройство на машината на Лепин

Резултатът се появява в двете редици по шест прозорчета, намиращи се над входните циферблати. където се виждат и дванадесетте по-малки диска *F* (фиг. 33). Предаването на цифрите от входните циферблати към тези колела става чрез система от лостове и пружини. Преносът на десетиците от младшите към старшите разряди става чрез подобна система, както е показано на фиг. 33.

Върху периферията на дисковете *F*, намиращи се под входните циферблати, които показват въведеното число, всъщност има изписани две редици цифри. Едната редица се използва при събиране, а другата, чиито цифри представляват допълнение до девет на първата — при изваждане. В даден момент може да се вижда само една от редиците, а коя точно да се вижда се определя от лостчето *S*, което се вижда в лявата част на фиг. 33. Чрез въртене на лостчето показваме ту едната, ту другата редица, в зависимост от това дали ще събираме или изваждаме числа. Нулирането на резултата става с лостчетата *P*, подобни на тези (*M*), използвани за вкарване на числото в паметката.

3.12. Якоб Лойполд (1727)

Вече споменахме няколко пъти името на известния немски механик и изобретател Якоб Лойполд (1674-1727) (фиг. 34).

Този забележителен човек е роден е през 1674 год. в семейството на беден занаятчия. Поради липсата на средства не успява да получи добро

фиг. 34
Якоб Лойполд

образование, което обаче компенсира с изключителен интелект и работоспособност. Името му става известно едва след 1715 год., когато заема длъжността механик в Лайпцигския Университет. По-късно е избран за почетен член на Берлинската Академия на Науките, става съветник на полския крал.

Главното творение на живота му обаче не са изобретените от него многобройни механизми и машини, нито множеството студенти, които е обучил, а една серия от книги. През 1722 год. Лойполд започва издаването на деветтомната енциклопедия *Theatrum Machinarium*, в която описва огромен брой машини, създадени до двадесетте години на XVIII век. В един от томовете[1] (фиг. 35), Лойполд отделя специална глава на изчислителните устройства и машини, между които описва и едно свое изобретение, което ще разгледаме тук.

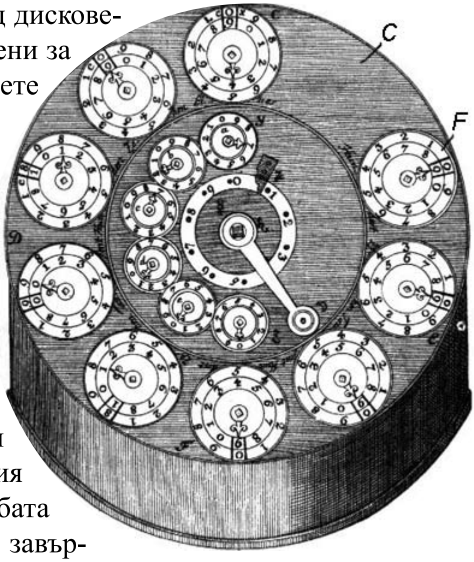
Основен конструктивен елемент в машината на Лойполд е т. нар. „зъбно колело с променлив път”. С този термин всъщност се означава механизъм, основни части в който са зъбна рейка със специална форма, чиито път на движение се задава от ексцентрици, управлявани от входящите циферблати. На фиг. 36 можете да видите външния вид на машината. Числата се въвеждат чрез завъртане на шестте малки цифрови колела, разположени около ръчката в средата на корпуса. Чрез завъртане на тази ръчка на един пълен оборот в посока, обратна на часовниковата, въведеното във входящия механизъм число се предава към съответните шест цифрови разряда, разположени във външния пръстен C и съответстващи на единиците, десетиците, стотиците и т. н. Резултативният механизъм е деветразряден, така че резултатът може да бъде най-много 999999999. Той се отчита чрез цифровите дискове F, които имат две противоположни градуировки—едната се използва при събиране и умножение, а дру-

THEATRUM
ARITHMETICO-
GEOMETRICUM,
Das ist:
Schau-Platz
der Rechen- und Meß-Kunst,
Darinnen enthalten
Dieser beyden Wissenschafften nöthige Grund-Regeln
und Handgriffe so wohl, als auch die unterschiedene Instrumente und Machinen, welche theils in der Ausübung auf dem Papier, theils auch im Felde besonderen Vortheil geben können, insonderheit wird hierinnen erkläret:
Der Nutzen und Gebrauch des nicht genugsam zu preisenden
Proportional-Zirckels,
Nebenst der Anweisung, wie die darauf befindlichen Linien zuberechnen, aufzutragen und zu probiren, ob sie gehörig eintreffen;
Von annoch beygefüget:
Die Theilung aller Linien, insonderheit wie durch Transversal-Linien die Grade in Minuten weit correcter als nach der alten und sonst gewöhnlichen Art abzutheilen und aufzureissen, woselbst unter andern auch
Des Autoris beqvemes Instrument ohne sonderliche Mühe und nach einen einigen Maaßstab alle nur vorkommende Circkel in Grade und Minuten gar genau zu theilen.
Alles aber ist mit vielen deutlichen Figuren in 45 Kupffer-Platten begreifflich gemachet und vorgestellet von
Jacob Leupold, Mathematico und Mechanico,
Königl. Pohln. und Chur-Fürstl. Sächsisch. Rath und Berg-Commissario, der Königl. Preuß. wie auch Sächs. und Forlischen Societät Mittglied.
Zufinden bey dem Autore und Joh. Friedr. Gleditschens seel. Sohn.
Leipzig, gedruckt bey Christoph Zunkel. 1727.

фиг. 35
Заглавната страница на *Theatrum Arithmetico–Geometricum*

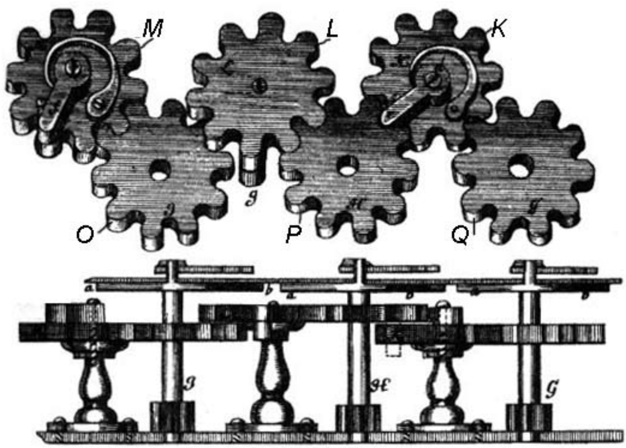
1 Theatrum Arithmetico–Geometricum, изд. през 1727 год.—бел. авт.

гата—при изваждане и деление. Над дисковете пълзят указателни стрелки, закачени за оси, които преминават през центровете на дисковете.



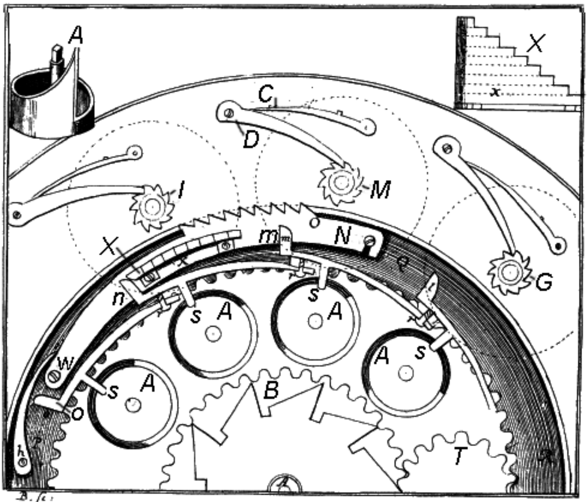
фиг. 36
Машината на Лойполд

На същите оси, но в машината (фиг. 38), се разполагат десетозъби спирачни колела *G*, *M*, *I* и т. н., които се въртят само в една посока (по часовниковата стрелка) и се фиксират с помощта на лостчето *D* и пружинното лостче *C*. Движението от въвеждащия (шестте малки колела) към резултативния механизъм (деветте големи колела във външния диаметър) се предава чрез деветозъбата секторна рейка *N*, която може да се завърта около оста *w*. Върху рейката *N,* в равнина, перпендикулярна на нейната, е закрепена тънката пластинка *X*, показана отделно в горната дясна част на фигурата. Лявата странична челна повърхност на пластината е права, дясната е направена във вид на девет стъпала с еднаква височина. Функцията на тази пластинка е да повдигне зъбната рейка, която по този начин да се зацепи и завърти резултативния механизъм. Ето как става това:



фиг. 37
Механизъм за пренос на десетиците в машината на Лойполд

Под всяко от шестте въвеждащи колела има пръстен със спирална наклонена горна повърхност *A*, показан в горната лява част на фиг. 38. Всеки разряд на въвеждащия механизъм разполага с ексцентричен лост (означен с *m*, *n* и *o*), който има в горната си част издатина, опираща в пластинката *X*, и в долната си част друга издатина, опираща



фиг. 38
Броячният механизъм на машината на Лойполд

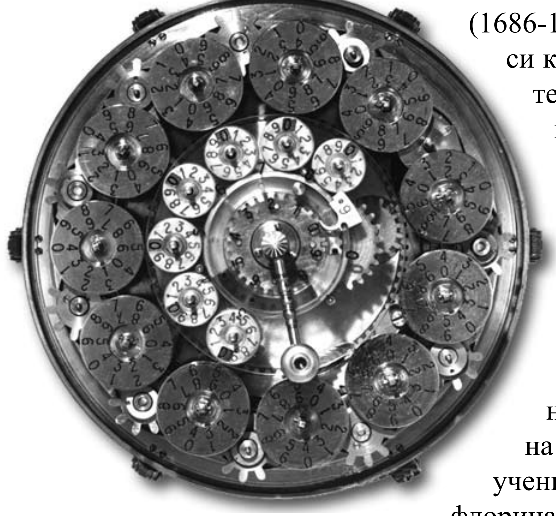
в спиралната повърхност на пръстена. Въртейки някое от шестте въвеждащи колела, а чрез него и съответния пръстен, ние всъщност повдигаме и сваляме тези ексцентрици в равнина, перпендикулярна на тази на зъбната рейка и успоредна на тази на пластинката *X*, така че горният издатък да повдигне и задържи в горно положение тази пластинка за различно разстояние, и по този начин различен брой зъби на рейката да влязат в контакт със спирачните колела *G*, *M*, *I*. По такъв начин броят на зъбите, на който ще се завърти всяко едно от тези колела се определя от дължината на пътя на сцепление на ексцентрика с пластинката *X* (възможните линии на пътя на сцепление са означени с пунктир на рисунката на пластинката).

В центъра на машината е разположен спомагателен брояч, скалата на който се вижда на фиг. 36 около ръчката, който служи за отчитане на оборотите на ръчката.

Механизмът за пренос на десетиците (фиг. 37) е изпълнен по следния начин: На същите оси, на които са закрепени спирачните колела *G*, *M*, *I* и т. н. са разположени и десетозъби колела *O*, *P*, *Q* и т. н. (фиг. 34). Между тях има междинни колела *K*, *L, M* и т. н. Всяко междинно колело носи върху себе си палец, снабден с пружинка (*d*, *e*, *g*, *j* и т. н.), при което при нечетните колела този палец е разположен над колелото на единиците, а при четните — под него. При завъртане на един оборот на колелото на единиците *Q* палецът *de* завърта на 1/10 оборот колелото на десетиците *P*, с което преносът е извършен. По същия начин става и преносът от другите разряди.

Ранната смърт на Лойполд през януари 1727 год. вероятно му попречва да изработи подробно описаната от него машина и механизмът *зъбно колело с променлив път* остава нереализиран. Подобен механизъм проектира чак през 1893 год. австриецът Фридрих Вайс, а по-късно, през 20-те години на XX век и известният германски конструктор Кристел Хаман.

3.13. Антониус Браун (1727)



фиг. 39
Калкулаторът на Браун

Виенският механик Антониус Браун (1686-1728) е известен за времето си конструктор на множество математически и оптични уреди, който за съжаление умира твърде млад от белодробна инфекция.

През 1727 год. той представя пред австрийския император Карл VI една превъзходно конструирана и изработена сметачна машина, спечелила възхищението на монарха, който награждава учения с огромната сума от 20000 флорина.

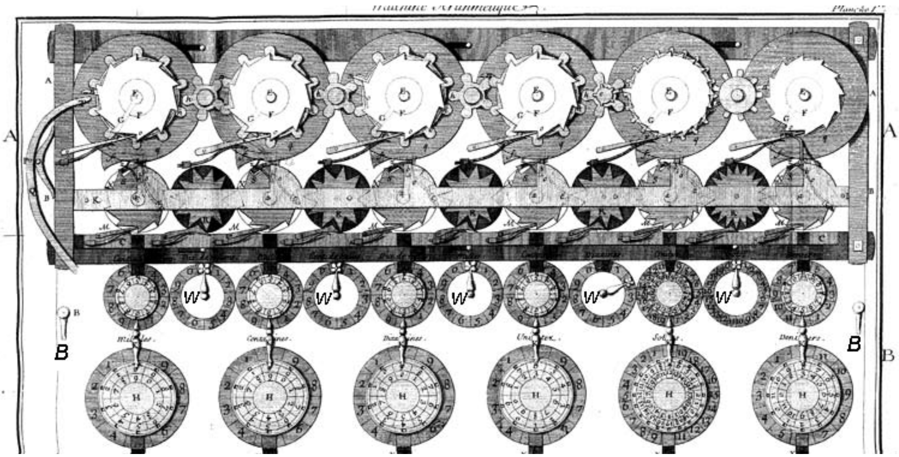
По-късно (1736 год.) известният механик Филип Вейринге изработва по проект на Браун друг модел на машината (показаният на фиг. 39).

И двете машини приличат много по външен вид на описаната от Лойполд, като втората машина е базирана на зъбното колело с „променлив път" на Лойполд, а първата — на колелото с „променлив брой зъби" на Лайбниц и Полени. Браун по всяка вероятност е чел енциклопедията Theatrum Arithmetico — Geometricum, откъдето се е запознал с механизмите на Лойполд и Полени, усъвършенствал ги е и е проектирал тези превъзходни механични калкулатори. Това е първият работещ механичен калкулатор, способен да извършва директно и лесно четирите основни аритметични действия.

3.14. Хийерин дьо Боастисандо (1730)

Изработената от френската изобретателка Хийерин дьо Боастисандо (1704-1779) през 1730 год. машина (фиг. 40) заслужава да бъде описана, макар и само за това, че е първата сметачна машина, измислена от представител на по-добрата половина на човечеството.

Машината прилича на разгледаната вече от нас машина на Жан-Антоан Лепин, но е шестразрядна — най-младшият разряд е за дениетата,



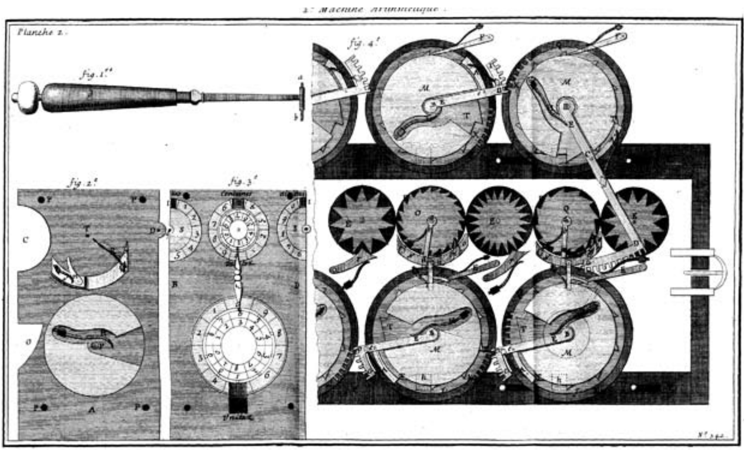
фиг. 40

Схема на първата машина на Хийерин дьо Боастисандо (в долната половина е показан капака, в горната — вътрешното устройство, обърнато на 180^0)

следващият — за соловете и т. н. до последния — за хилядите. Въвеждането и нулирането става чрез перо с две остриета — късо и дълго. Остриетата се вкарват в дупчици на пръстена на въвеждащите колела. Когато се вкара късото острие, тогава се върти само най-горният (въвеждащият) диск и по този начин се нулират неговите показания. Когато се вкара дългото острие, тогава при завъртане на въвеждащия диск, заедно с него се завърта и долния диск на изчислителния механизъм, така се въвеждат числата в механизма. Малките колела, които са над големите, работят като броячи на оборотите на големите и се използват при деление. В тях се получава частното от делението, а долу в основния механизъм се получава остатъка.

Петте колела *w*, които се намират между шестте малки колела–оборотомери, имат специални лостчета, с които се въртят и не са свързани с броячния механизъм. Те служат като паметка за отбелязване на междинните резултати от изчисленията.

Под всяко въвеждащо колело има малко прозорче, в което се виждат изписаните върху лежащото отдолу колело цифри. Там се отчита резултатът от изчисленията. Върху цифровото колело са изписани две редици цифри в две концентрични окръжности. Едната редица се използва при събиране-умножение, с другата — при изваждане-деление. Това коя редица цифри ще се вижда в даден момент в прозорчетата се определя от положението на лостчетата *B-B*, които всъщност придвижват пластинка, закриваща една от редиците цифри. Над въвеждащите колела има фиксирани за кутията мостчета, които спират перото при въртенето на въвеждащите дискове, определяйки по този начин стойността на въведената във всеки разряд цифра.



фиг. 41
Схема на част от втората машина на Боастисандо

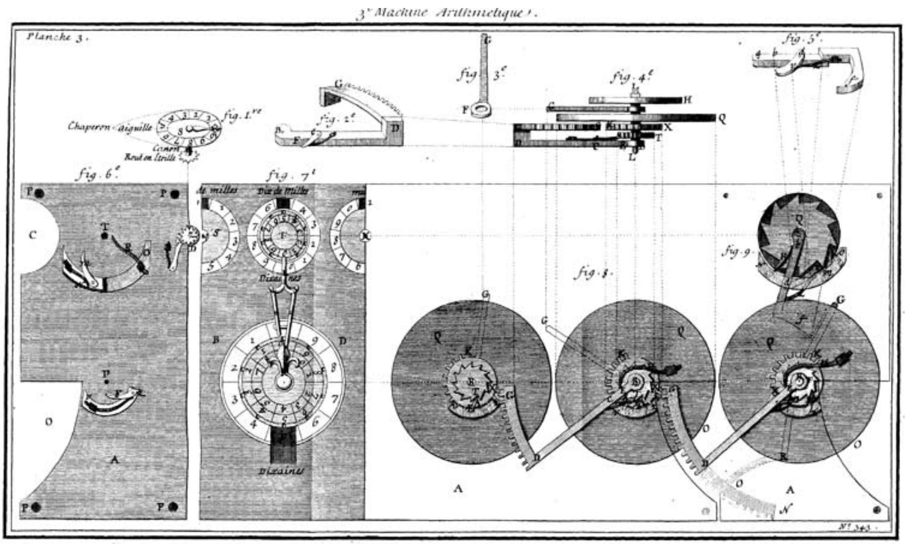
Под дупките на пръстена за въвеждане има два градуирани с цифрите от 0 до 9 пръстена, единият се използва при събиране-умножение, а другият (чиито цифри са допълнение до 9 на съответната цифра на другия пръстен) –при изваждане-деление.

Както се вижда на схемата, под цифровия диск, чиито показания се виждат в прозорчетата под въвеждащите дискове, са монтирани на една и съща ос още три диска. Най-близо до цифровия диск е зъбно колело, чиито брой на зъбите отговаря на деленията на съответния диск и което приема преноса от предишния разряд (поради тази причина най-младшият разряд няма такова колело). След това зъбно колело има еднозъбо колело, което при всеки оборот се зацепва със зъбното колело на по-старшия разряд и пренася единица към него. Пренасянето не става директно, а чрез междинно зъбно колело, което се намира в една равнина с еднозъбото колело от предишния разряд и с многозъбото от следващия.

Най-долното колело е храпово (със скосени зъби), и заедно с едно лостче и пружина служи за фиксиране на позицията на механизма на всеки разряд.

Малките колела-оборотомери също имат пръстен с дупки, чрез въртенето на който с перото се нулират показанията им. Под тях има монтирани храпови колела, които се фиксират с помощта на лостче и пружина. Предаването на въртенето от основните броячни колела към тези колела става чрез специален зъб на големите колела, който веднъж на всеки оборот избутва едно лостче, което завърта на един зъб храповото колело на съответния оборотомер. Отчитането на показанията им става в прозорчето над всяко колело.

Междинните колела-паметки имат само фиксиращ механизъм от лостче и пружина, а показанията им се отчитат в прозорчетата над тях.



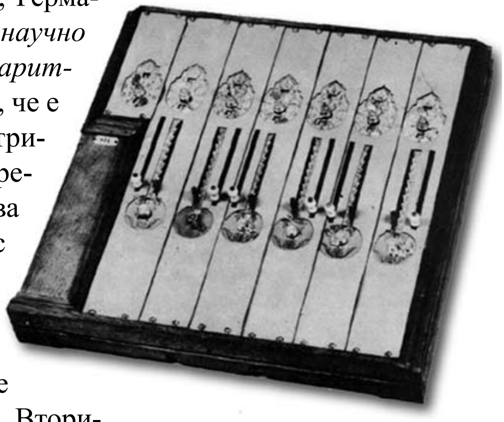
фиг. 42
Схема на част от третата машина на Боастисандо

Слабото място на първата машина е механизмът за пренос. Триенето е голямо и при няколко едновременни преноса се изисква значително усилие, което понякога блокира машината. Затова Боастисандо почти веднага представя втори вариант на машината (фиг. 41), в който преносът става чрез частични зъбни колела (лостчета с няколко зъба). Тези лостчета се натягат постепенно от пружина, свързана с механизма на младшия разряд. Тази система вече притежава предимствата на преноса на Паскалина, при който пренасянето на повече разряди става без никакво усилие. Подобрен е и механизмът на колелата-оборотомери. Друго интересно нововъведение е модулността на машината — предвидена е възможност да се добавят повече разряди, както и да се сменят механизмите на отделните разряди, така че машината да може да се използва за броене на различни валути, дължини или тегло.

По-късно изобретателката представя и трети вариант на машината (фиг. 42), в който е подобрен механизмът на пренос, като е удължено лостчето, натягащо пружината, и е намален диаметърът на зъбното колело, поемащо преноса, така че да се изисква по-малко усилие при пренос.

3.15. Християн-Лудвиг Герстен (1735)

През 1735 год. Християн-Лудвиг Герстен (1701-1762), професор по математика в университета в Гисен, Германия, представя пред *Кралското научно общество* в Лондон своята т. нар. *аритметична машина*, за която твърди, че е създадена преди дванадесет или тринадесет години. От описанието, предоставено пред академията става ясно, че Герстен е бил запознат с машините на Морленд, Лайбниц, Полени и Лойполд. След като изработва първата си машина от дърво и я показва на приятели, те го окуражават да продължи работа. Вторият екземпляр е направен от месинг и в края на 1725 год. Герстен го представя пред публика.



фиг. 43
Копие на машината на Герстен

На фиг. 43 е показано копие на машината на Герстен, а на фиг. 44 — схемата на учения от доклада му пред Кралското научно общество.

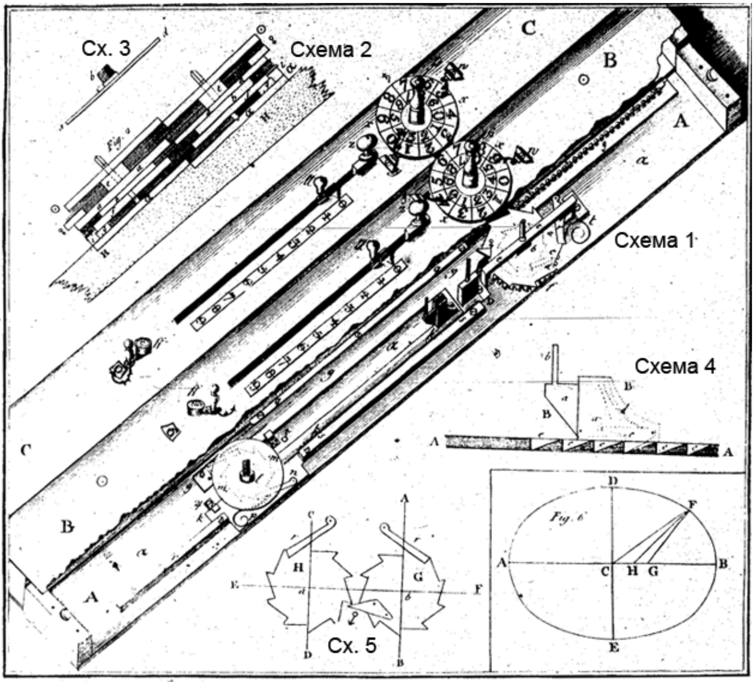
Машината е с размери 37/37/7 см, има шест разряда за въвеждащия механизъм и седем — за визуализиращия. На схема 1 от фиг. 44 са показани първите три разряда — за единиците (означен с *AA*), десетиците (*BB*) и стотиците (*CC*). Всеки разряд има два плъзгача, единият от които (горния) Герстен нарича *оператор*, а другия — *детерминатор*. На снимката с копието на машината двата плъзгача са един до друг, докато на рисунката на Герстен те са един под друг.

Нека първо разгледаме разряда за единиците *AA*, чиито капак е махнат, така че се виждат плъзгачите и колелата. Храповото (със скосени зъби) зъбно колело означено с *a*, което се вижда в разряда *AA*, се намира точно под циферблата с цифрите, който се вижда на другите разряди. Това храпово колело има фиксатор (означен с *r*), който се притиска към него посредством пружината *t*.

Под него има по-малко храпово колело със същата форма *b*, като двете са занитени заедно и прикрепени към обща ос.

Под колелото *b* има трето колело *f*, което е обикновено зъбно колело с 20 или повече зъба. То е по-голямо от *b*, но по-малко от *a* и се върти около същата ос, като се фиксира от лостчето *c* и пружината *d*. Точно под това колело се намира горната част на оператора, който представлява една назъбена рейка с толкова зъби, колкото са зъбите на колелото *f* и които се зацепват с тези зъби.

Оста на колелата *a* и *b* се прикрепя в перпендикулярно положение от мостчето *ee*, което е закрепено за основата на машината. Операторът и



фиг. 44
Схемата на Герстен на неговата машина

детерминаторът се придвижват нагоре-надолу с помощта на малки ръкохватки. Детерминаторът има механизъм за фиксиране в положенията, съответстващи на цифрите от 0 до 9 (които са означени на скалата вдясно от плъзгачите), показан на схема 4. Този механизъм се състои от фиксатор и пружина, които се зацепват с храповите зъби на монтираната отстрани до детерминатора рейка. На ръчката на детерминатора е монтирана стрелка, която показва към скалата цифрата, на която е нагласен.

Долното храпово колело, което се използва при умножение и деление, има 10 скосени зъба, а върху него е монтиран циферблат, по периферията на който са гравирани цифрите от 0 до 9. Това колело, за разлика от горните не се прикрепя от мостче, а се върти около стоманен щифт, закрепен за основата. То се намира встрани от детерминатора, а от едната му страна е закрепен фиксаторът *n* и пружината *p*. Рейката на оператора има в долната си част един зъб, който при сваляне надолу на оператора завърта на 1/10 оборот долното колело, т. е. това колело ще показва колко движения надолу-нагоре е направил операторът в малко прозорче над колелото, през което се вижда цифрата, гравирана по периферията.

На схема 5 е показано как става преноса на десетиците от младшия към старшия разряд. Както се вижда, към най-горното храпово колело има монтиран един зъб, разположен в същата равнина, в която е най-горното храпово колело на следващия разряд (както се вижда на вертикалния разрез на схема 2). Този зъб при всеки оборот на колелото, към което е закрепен се зацепва със следващото и го завърта на 1/10 оборот (това положение се фиксира от фиксатора *r* и пружината *t*). Както се вижда от схема 5 големите храпови колела на два съседни разряда са едни и същи, но са обърнати огледално едни към друго. Ясно е, че тези колела се въртят само в една посока заради фиксаторите и тази посока е по часовниковата стрелка на колелото на единиците, обратно на нея за десетиците, по часовниковата стрелка за стотиците и т. н. до шестия разряд, който е за стотици хиляди.

Циферблатът на горното колело има два пръстена с цифрите от 0 до 9. Външният се използва при събиране, а вътрешният — при изваждане. Около циферблата има две стрелки, едната (горната – *w*) указва цифрите на пръстена за събиране, а другата (долната – *y*) — на този за изваждане. Цифрите на вътрешния пръстен са така изписани, че при изваждане да може да се използва добре познатия ни вече метод с допълнение до 9. Това става така — например ако срещу стрелката *w*, указваща пръстена за събиране е изписана цифрата 9, тогава срещу стрелката *y*, указваща цифрата на пръстена за изваждане е изписана цифрата 0, след това на 1 на първия пръстен съответства 8 на втория и т. н. Посоката, в която са изписани цифрите от 0 до 9 на всеки циферблат е обратна на тази на следващият, и еднаква с тази на по-следващият (поради различните посоки на въртене). Това се отнася както за пръстена за събиране на циферблата, така и за този за изваждане.

За улеснение на пресмятането Герстен предлага да се поставят по една плочка над горното колело и под долното колело, върху които да се изписват числата за пресмятане, за да не се помнят.

Нека разгледаме примери за извършване на четирите аритметични действия с тази машина:

1. Събиране — нека например съберем 32 и 59. Нагласяме двата циферблата така, че стрелката *w* на разряда за единиците да сочи 9, а на тази за десетиците — 5. След това придвижваме надолу детерминатора на единиците, так че да сочи 2, а този на десетиците — 3. След това сваляме надолу оператора на единиците, докато опре в детерминатора, след което го вдигаме нагоре. При това действие двойката от детерминатора ще се пренесе към циферблата на оператора, който вече ще показва 1, и ще бъде направен пренос към циферблата на десетиците, който вече ще показва 6. Повтаряме същото действие с оператора на десетиците, при което тройката от съответния детерминатор ще се пренесе към циферблата, който ще се завърти на три зъба и ще покаже 9. Резултатът е 91, стоящ срещу стрелките *w* на десетиците и единиците.

2. Изваждане — Нека например от 40 извадим 24. Поставяме умаляемото 40 от пръстена за изваждане срещу стрелките *yy* за изваждане на два-

та разряда (за десетиците и единиците). Нагласяме детерминатора на 24, както беше при събирането. След сваляне и вдигане на операторите ще получим срещу стрелките *уу* на циферблатите числото 16.

3. Умножение — Нека например умножим 43 по 3. Умножението всъщност се извършва чрез последователно събиране. Нагласяме множимото 43 на детерминаторите на системите за десетиците и единиците. Стрелките на горните циферблати за събирането и долния за умножението сочат 0. След това придвижваме надолу-нагоре веднъж и двата оператора. Горе в циферблатите срещу стрелките вече има пренесено числото 43, а долу в прозорчетата на умножителните колела се виждат единици (направили сме едно движение надолу-нагоре на двата оператора). При следващото движение надолу-нагоре на двата оператора горе вече имаме 86, а долу в прозорчетата имаме двойка. При третото движение долу вече имаме тройка (колкото е множителя) и затова приключваме с движенията на операторите, а горе вече трябва да видим резултата — 129.

4. Деление —нека например разделим 40 на 3. Делението естествено се прави чрез последователно изваждане. Нулираме цифрите срещу стрелките в умножителните колела. Срещу стрелките *уу* на пръстените за изваждане на горните колела нагласяме делимото 40 в разрядите за десетиците и единиците. Установяваме детерминатора на 3. Придвижваме оператора на десетиците надолу и нагоре и ще получаваме 1 срещу стрелката *у*, и 1 в прозорчето на умножителното колело на десетиците. Тук ще видим, че не можем да продължим повече в системата за десетиците, защото не можем да извадим 3 от 1. Трябва следователно да продължим с другата цифра от делимото, т. е. 0 и на системата за единиците да установим детерминатора пак на 3. След това придвижваме надолу-нагоре оператора и получаваме 1 в прозорчето на умножителното колело на единиците и 7 в пръстена за изваждане срещу стрелката. След второто придвижване ще получим 2 в прозорчето и 4 в пръстена, на третото — 3 в прозорчето и 1 в пръстена за изваждането. В двете прозорчета ще се чете 13. Горе срещу стрелката в пръстена за изваждане на единиците е остатъка — 1.

Както виждате, конструкцията на машината на Герстен е оригинална, добре замислена е, но страда от един недостатък, познат ни още от механизма за пренасяне на Шикард — изисква се значително усилие при пренос на десетици на повече разряди.

3.16. Якоб Родригес Перейра (1750)

Испанският евреин Якоб Родригес Перейра (1715-1780) е известен за времето си педагог, учител на глухонеми деца. Той е един от създателите на езика на глухонемите. През 1750 год. Перейра представя пред комисия във Френската Академия на Науките изобретената от него сметачна машина. По-късно тази машина е описана в споменатото вече френското списание *Journal des Scavans* (Журнал на учените). За съжаление в тази статия не са поместени чертежи, така че за тази машина имаме твърде общо и само текстово описание.

В сметачната машина на Перейра са използвани някои идеите на Паскал и Перо, но в конструкцията ѝ има и много оригинални елементи. При нея броячните колела са разположени не на успоредни оси, а върху една единствена ос, преминаваща през цялата машина. Това разположение прави конструкцията по-компактна и впоследствие е често използвано от други изобретатели, като например Фелт и Однер.

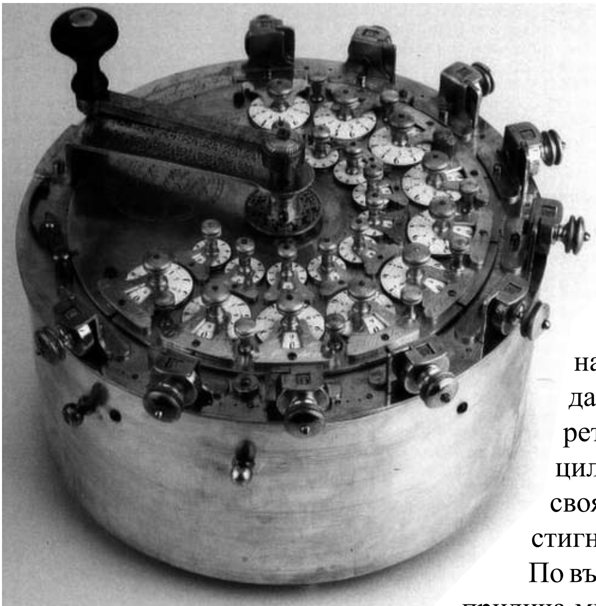
Броячните колела в машината на Перейра представляват малки дървени цилиндри, чиито странични повърхности са разделени на 30 части (по-късно тези цилиндри са наречени *цифрови ролки*). На тях са гравирани два реда цифри — горният ред съдържа повторената три пъти редица от цифрите от 0 до 9, а долният — също така три пъти в обратен ред цифрите: 0, 9,..., 2, 1. Разделянето на окръжността на 30, а не на 10 части не изменя принципа на действието на машината, но облекчава процеса на фиксирането на числата и изпълнението на аритметичните операции. По-късно подобно деление се използва в някои клавишни машини.

В машината на Перейра има всичко 10 броячни колела: едно е предназначено за дробите, друго — за паричната единица дение, трето — за су, а седемте останали — за ливрите. Цифрите, нанесени на страничните повърхности на колелата-цилиндри, могат да се наблюдават в прозорчета, направени в горния капак на кутията, в която е поместена цялата конструкция. На една от плоските страни на броячното колело са направени 30 издатини във вид на зъби. Като се постави между съответните зъби водещият щифт, може (както и в машината на Паскал) да се завърти броячното колело на необходимия ъгъл, докато се появи в прозорчето нужната цифра. Както и в Паскалина, горната редица от цифри се използва за събиране, а долната — за изваждане. По такъв начин в един конструктивен елемент на машината Перейра обединил функциите на фиксиращото и броячното колело, а така също — на индикаторния цилиндър (от Шикардов тип). Благодарение на това дължината на машината не надминавала 75 мм.

Преносът на десетиците става по следния начин: на плоската страна на броячното колело, на която нямало зъби, е закрепен лост, който можел да се върти като люлка спрямо своя център и имал на единия си край кука, а на другия — наклонена плоскост. Всеки път, когато колелото се завърта на

10 деления, тази плоскост се опира в челюст, закрепена на тънка неподвижна пластинка, която разделя съседните колела. Челюстта вмъква част от лоста с наклонена плоскост в канал, направен в тялото на колелото, и тогава другият край на лоста се повдига, преминава през прореза в разделящата пластинка, зацепва се за зъба на колелото на старшия разряд и го избутва напред на 1/30 оборот. При по-нататъшното въртене на колелото на младшия разряд наклонената плоскост се изплъзва от челюстта, а лостът се връща от пружината в началното си положение.

3.17. Филип Матеус Хан (1770)



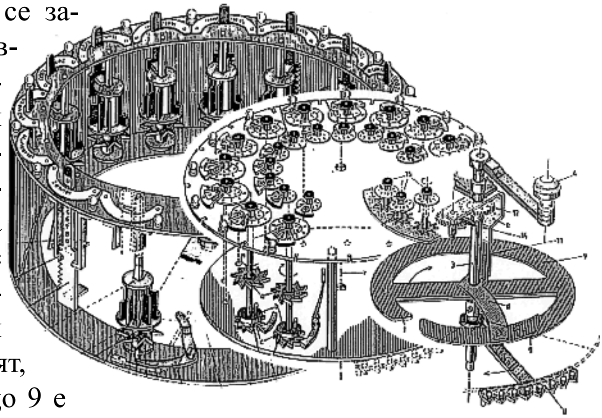
фиг. 45
Сметачната машина на Хан

Немският свещеник по професия, но механик и изобретател по призвание Филип Матеус Хан (1739-1790) започва през 1770 год. създаването на своята сметачна машина, окончателния вариант на която е готов чак през 1778 год. Хан е знаел за машината на Лайбниц, но не е ясно дали е бил запознат с изобретения от него стъпален цилиндър, който използва и в своята конструкция или сам е стигнал до идеята за него.

По външен вид неговата машина прилича много на машините на Лойполд и Браун, така че Хан вероятно е чел *Theatrum Arithmetico–Geometricum* на Лойполд. До наше време са запазени няколко работещи екземпляра. Първите варианти на машината са били десетразрядни (фиг. 45), в последните разрядите са увеличени до дванадесет.

На фиг. 46 е показано вътрешното устройство на уреда. Основна част на механизма на всеки разряд е един малък стъпален цилиндър, прикрепен за ос, която се движи нагоре-надолу. По този начин се въвежда събираемото (или множимото) — ако цилиндърът е в долно положение, съответният разряд е 0, една стъпка нагоре — тогава имаме 1 и т. н. до 9.

Стъпалните цилиндри се зацепват с колелата на основния брояч, които са разположени на вертикални оси. На всяка ос под капака на машината е прикрепена кръгла емайлирана пластинка (циферблат) с два реда (пръстена) цифри. Външният ред цифри (от 0 до 9) има черен цвят, а вътрешния ред — от 0 до 9 е червен. Черните цифри се използват при събиране и умножение, а червените — при изваждане и деление.



фиг. 46
Схема на машината на Хан

Циферблатите се разполагат под формата на дъга, а над тях е поставена плоска стрелка с прозорче, през което се виждат отчитаните цифри. От вътрешната страна на осите на основния брояч са разположени осите на спомагателния брояч, на циферблатите на който има една редица цифри. Тези циферблати са по-малки и техните показания също се отчитат чрез малки прозорчета. И двата брояча се нулират чрез въртене на осите, на които са закрепени циферблатите.

Централната част на машината се заема от неподвижен кръг с ръчка и стрелка-указател. Със завъртане на ръчката числото се пренася от входното устройство (стъпалните цилиндри) в основния брояч. При това спомагателният брояч регистрира броя на оборотите на ръчката. На външния край на машината има специална запънка, с освобождаването на която става възможно въртенето на пръстена с основния и спомагателния брояч. Това означава, че механизма за изчисление (този със стъпалните цилиндри), е отделен от механизма за отчитане (този с циферблатите), както се вижда ясно на фиг. 42. По този начин се прави изместването на множителя (делителя), което е необходимо при умножение (деление), както ще видим в примерите. Това изместване се контролира от стрелка-указател.

Събирането на числа се извършва обикновено по следния начин: Първо чрез въртене на осите на основния брояч нагласяме едното събираемо в големите циферблати (с черните цифри). След това чрез изтегляне на осите на стъпалните цилиндри нагласяме другото събираемо. Завъртайки ръчката пренасяме числото към основния брояч, след което в прозорчетата се получава резултата.

Изваждането става по подобен начин. Умаляемото се наглася в големите циферблати (с червените цифри), а умалителя с повдигане на осите. След това ръчката се завърта, а резултатът се получава с червените цифри в прозорчетата.

Умножението става така: Множимото се нагласят с изтегляне на осите на цилиндрите. Малките и големите циферблати се нулират. Ръчката се завърта толкова пъти, колкото са единиците на множителя, като броят на завъртанията се вижда в прозорчето на малкия циферблат. След това умножаваме множимото по десетиците на множителя, т. е. изместваме множителя с един разряд наляво. Това става чрез освобождаване на запънката, която е разположена на външния край на машината, след което се завърта подвижния пръстен с двата циферблата, докато стрелката-указател не посочи нужния разряд на брояча. След това запънката се затваря и се завърта ръчката толкова пъти, колкото единици стоят в разряда на десетиците на множителя. Продължаваме по същия начин, докато изчерпим всички цифри на множителя и получаваме резултата.

Делението се прави подобно на умножението. Нека например разделим 1397520 на 3225. Нагласяме делимото 1397520 с червените цифри на големите циферблати. Малките (вътрешните) циферблати са нулирани. С изтегляне на осите нагласяме делителя 3225. След това освобождаваме запънката и завъртаме циферблатите така, че делителя да се позиционира под числото 13975 (това са първите пет цифри от делимото). След това въртим ръчката дотогава, докогато числото над делителя стане по-малко от него и не можем да продължим с изваждането (както виждате делението се извършва посредством последователно изваждане). В случая това ще стане след четвъртия оборот, след извършването на който ще имаме цифрата 4 в съответния разряд на малките циферблати, а горе ще остане остатъка от делението на 13975 на 3225 (това е числото 1035). Завъртаме пак циферблатите на една позиция, така че сега да изваждаме делителя от следващия остатък от делимото (това е числото 10352). Този път успяваме да направим три оборота на ръчката и получаваме в съответното прозорче на малките циферблати 3, а горе остава остатъка 647. Завъртаме пак циферблатите, така че направим следващите изваждания от остатъка 6470 на делимото 3225. Този път успяваме да направим два оборота с ръчката и получаваме резултата от делението 432, а горе остава остатъка 20.

Машината на Хан става известна в цяла Германия и е демонстрирана пред императора, изобретателят дори успява да продаде няколко екземпляра от устройството. От работата му се възхищава самият Гьоте, а писателят Лафатер пише за него „...Изключителен гений в механиката, математиката и астрономията. Той постоянно изобретява, непрекъснато твори, с огромно търпение, преодоляващо всички трудности, изпълнява всичко замислено докрай. Той създава светове и простодушно се радва на спокойната си творческа сила...“. След смъртта на Хан са създадени няколко усъвършенствани модела от сина му и зет му — Й. Шустер.

3.18. Чарлз Стенхоуп (1775)

Чарлз Мехън (1753-1816), третият граф Стенхоуп, изобщо не приличал на английски благородник. Висок, слаб, изключително енергичен и талантлив човек, който никак не си падал по лекия живот, за разлика от повечето членове на палатата на лордовете. Сред многобройните му изобретения можем да открием лещи за микроскоп, печатна преса, логическа машина и др., но за нас са интересни преди всичко трите сметачни машини, изобретени от него през 1775, 1777 и 1780 год.

Последната машина (тази от 1780 год.), която можете да видите на фиг. 47, е прост суматор, подобен на този на Морленд. Машината има циферблати (разряди) за английските парични единици фартинги, пенсове, шилинги и паунди, останалите са за десетки, стотици и т. н. Въртенето в двете посоки става чрез перо, вкарвано в отворите по края на циферблатите. Машината има и механизъм за пренос на десетиците.

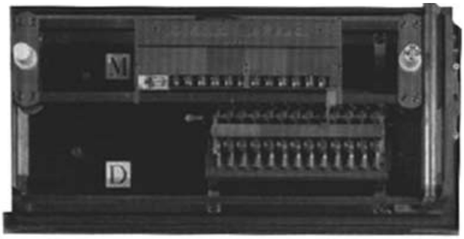
Другите две машини са с по-сложна конструкция и могат да се използват и за четирите аритметични действия.

В машината от 1775 год. (фиг. 48) била използвана модификация на стъпалния цилиндър на Лайбниц, чиито стъпала обаче не били гладки, а разделени по дължина на отделни зъби и представлявали деветозъби рейки.

Във входното устройство се използват дванадесет подобни валяка. Те са монтирани на оси, разположени успоредно една на друга в специална каретка по такъв начин, че към изчисляващия са обърнати челните им части. Към тях неподвижно са закрепени цифрови колела, при което на всяка цифра на колелото съответства рейка със същия брой зъби, разположена

фиг. 47
Суматорът на Стенхоуп

на диаметрално разположената страна на цилиндъра (на 0 съответства гладката повърхност на валяка).



фиг. 48
Първата машина на Стенхоуп

Каретката е поставена в подвижна рама. В процеса на изпълнението на операциите тази рама се премества по напречните направления, разположени в страничните стени на корпуса на машината. При това зъбните рейки върху валяците се зацепват със зъбните колела на основния брояч, разположени на оста, успоредна на дължината на машината. С всяко от дванадесетте колела на брояча е свързана цифрова ролка, на чиято странична повърхност са нанесени цифрите от 0 до 9.

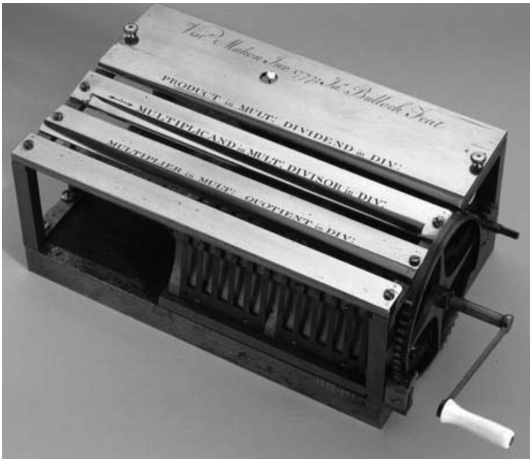
За преместването е предвидена възможност каретката да се измества по надлъжните направляващи. Благодарение на насечки каретката се фиксира с пружини в определено положение в процеса на получаване на даденото кратно.

На десния край на рамата се намира дълъг палец, който при всяко нейно преместване по посока към изчисляващия завърта на един зъб колелото на младшия разряд на спомагателния брояч, разположен в предната част от машината.

Механизмът за пренос е доста сложен. От лявата страна на всяко колело на основния брояч има дълъг палец, който при преминаването на колелото от 9 към 0 завърта на един зъб разположеното под него колело. С всяко такова колело за пренос е свързана трилъчева звездичка, която на свой ред може да се завърта от палеца, разположен върху специалната ос на преносите. Преносът става на два етапа: при завъртането на колелото от младшия разряд от 9 към 0 един лъч на звездичката влиза между два зъба на колелото на старшия разряд, но не го завърта. Това е фазата на подготовка на преноса. Самият пренос се изпълнява при изместване на рамата. Ексцентрикът, освобождаващ от зацепване рейките на цилиндрите и колелата на брояча, същевременно се зацепва със специална зъбна рейка, закрепена под рамата, зъбно колело, намиращо се на осите на преносите. При въртенето на тази ос палецът опира на друг лъч на звездичката и я завърта, а следователно и колелото на старшия разряд също се завърта. За да може преносите да се осъществяват не едновременно, а последователно, палците на оста на преносите са разположени около нея по спирала.

Във втората машина от 1777 год. (фиг. 49) постъпателното движение на работния орган е заменено с по-удобното въртеливо движение.

На главната ос на машината последователно са разположени: задвиж-



фиг. 49
Втората машина на Стенхоуп

ваща ръчка, задвижващо колело с две групи зъби, всяка от които заема около 1/4 от диаметъра му и цилиндър, състоящ се от девет кръгови шайби, които могат да се завъртат една спрямо друга. На страничната повърхност на всяка шайба са гравирани цифрите от 1 до 9. Тази скала заема 1/4 от диаметъра. До всяка цифра има отвор, в който се вкарва щифт, фиксиращ положението на дадената шайба. По такъв начин девет въртящи се шайби образуват устройството за въвеждане.

На частта от страничната повърхност, разположена противоположно на скалата, има девет зъба, които при въртенето на главния вал се зацепват със зъбите на колелото на основния брояч. Главният вал се установява в рамки, които му дават възможност едновременно с въртенето да се измества в радиална посока. Това изместване се управлява от ексцентрик, разположен на периферията на задвижващото колело. В течение на около 1/4 от оборота цилиндърът се намира в своето крайно ляво положение, а в останалото време — в крайно дясно. Зацепването на зъбите на шайбите със зъбите на основния брояч може да стане само в крайно ляво положение на цилиндъра. В зависимост от положението на всяка шайба в сектора на зацепването се оказват различен брой зъби и следователно на брояча се пренася всеки път различно число, нагласено на шайбата.

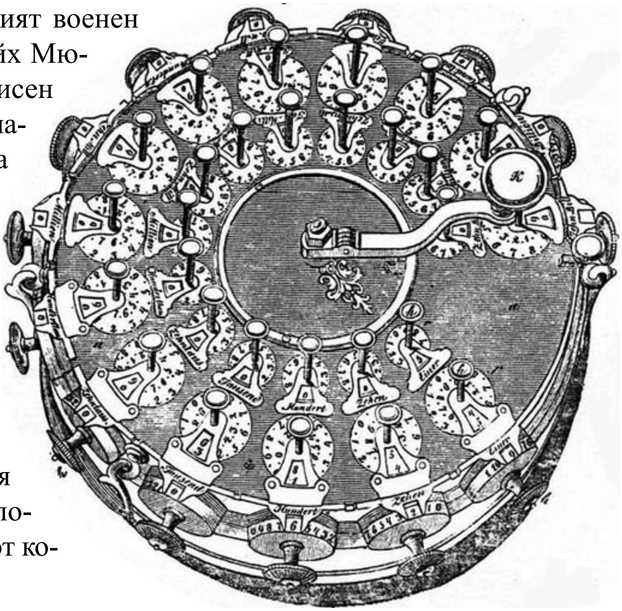
На крайната дясна шайба се намира дълъг палец, който веднъж на всеки оборот се зацепва с колелото на младшия разряд на спомагателния брояч и завърта това колело на един зъб.

Върху осите на преносите, успоредно на оста на основния брояч е разположено зъбно колело с 15 зъба, което се зацепва със зъбите на задвижващото колело и по такъв начин прави два оборота за един работен цикъл на машината. Във всичко друго механизмът за пренос не се различава от описания по-горе. Както и в първата машина устройството за въвеждане се премества спрямо основния брояч и се фиксира върху вала благодарение на наличието върху него на специални засечки.

Значението на изобретенията на Стенхоуп за по-нататъшното развитие на сметачните машини е голямо. Той пръв разделя на два етапа най-сложната машинна операция—преноса на десетиците. През втората половина на XIX и през XX век това разделяне става общоприето, защото чрез него се отстранява т. нар. ефект на *натрупване на съпротивление* в механизма.

3.19. Йохан Мюлер (1783)

През 1782 год. немският военен инженер Йохан Хелфрайх Мюлер (1746-1830) от Гисен конструира сметачна машина (фиг. 50) и поръчва изработката ѝ на майстор-часовникар. Мюлер взаимства конструкцията на машината си от описаната в едно немско списание машина на Хан (както сам споменава), но добавя още два разряда и внася в конструкцията някои подобрения, най-важните от които са три:



фиг. 50
Машината на Мюлер

• Осите на стъпалните цилиндри от машината на Хан, чрез които се въвеждаха числата, вече се нагласят не чрез издърпване нагоре, което изисква голяма прецизност, а посредством въртящи се циферблати, върху чиято периферия са нанесени цифрите от 0 до 9

• Осите, заедно с монтираните на тях зъбни колела, могат лесно да се заменят с колела с различен брой зъби, което позволява изчисления в различни бройни системи

• В механизма на машината е включено звънче, което издава звук при препълавне или отрицателен резултат при изваждане

Описанието на машината е дадено в една малка книжка, издадена през 1786 год. Интересното е, че в тази книга Мюлер говори (почти четиридесет години преди Бебидж!) за плановете си за създаване на диферентна машина, която според изобретателя трябва да извършва по едно събиране в секунда и да разпечатва резултатите от изчисленията на хартия. Великолепната му идея обаче остава само на хартия, защото поради липсата на средства изобретателят не успява дори да започне изработката на тази машина.

3.20. Якоб Аух (1790)

През 1790 год. механикът във Ваймарския съд в Германия Якоб Аух, който преди това е помагал при изработката на сметачните машини на Филип Матеус Хан, конструира сметачна машина (фиг. 51), подобна на Паскалина, екземпляр от която се е запазил до днес.

фиг. 51
Суматорът на Аух

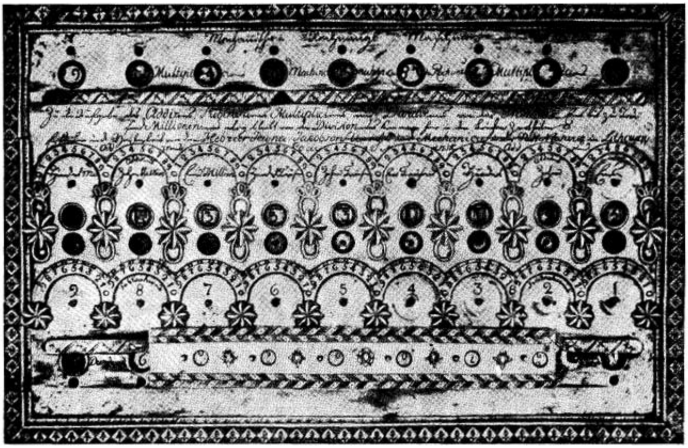
Машината е с правоъгълна форма и може да се използва за събиране и изваждане. Въвеждането на числата става чрез перо, предвиден е и механизъм за пренос на десетиците.

3.21. Йевна Якобсон (втората половина на XVII век)

Сумиращата машина (фиг. 52) на Йевна Якобсон[1] е изработена през втората половина на XVII век в град Несвиж, Литва. Уредът не предлага някакви технически новости, но е добре изработен и очевидно е бил използван доста години, както си личи по запазения до днес екземпляр.

В горната част на машината има девет, а в долната (под движещ се капак) — шест цифрови диска, служещи за фиксиране на началните данни и междинните резултати. Над и под горната редица от девет диска има други две редици полудискове, които се зацепват с цифровите дискове и чрез които се въвеждат числата при събиране и изваждане. Числата се нагласят чрез завъртане на осите-щанги (краищата на които са с квадратно сечение) на тези две редици полудискове чрез специален ключ.

1 Якобсон вероятно е бил механик в двора на известния полски магнат Михаил Радзивил — бел. авт.



фиг. 52
Машината на Якобсон

Скалата около горните дискове се състои от цифрите от 0 до 9, нанесени по часовниковата стрелка, а върху долната скала — срещу часовниковата стрелка. Резултатът от операциите се получава в малките кръгли прозорчета, които се виждат между двете скали.

При събиране на числа първо се завъртат осите на горната редица от полудискове по часовниковата стрелка, докато стрелката на всеки от тях не застане срещу необходимата цифра на дъговидната скала. След това ключовете се отпускат и под действието на специална пружина полудисковете се връщат в началното си положение, а в прозорчетата за отчитане се появява първото събираемо. По аналогичен начин се въвежда и второто събираемо, след което в същите прозорчета се чете резултата от операцията. Цифровите дискове се фиксират в начално (нулево) положение с помощта на друга редица щанги, които се виждат под прозорчетата за отчитане.

При изваждане умаляемото се набира в горните полудискове, а умалителят се въвежда в долната редица от полудискове чрез завъртане срещу часовниковата стрелка. След всеки набор осите-щанги чрез пружини се връщат автоматично в нулево положение, а резултатът от операцията се появява в прозорчетата за отчитане. Умножението и делението се изпълняват като последователни събирания и съответно изваждания.

Броячният механизъм на всеки разряд съдържа полудиск, които има по краищата си девет зъба и оста на който се върти чрез ключа за въвеждане. Този полудиск се зацепва със зъбното колело и го завърта на толкова зъба, на колкото стъпки се завърти съответната щанга. За зъбното колело е закрепен цифровия диск, чиито показания четем в прозорчетата. Механизмът за пренос е от Шикардов тип — дълъг палец, който веднъж на всеки оборот се зацепва с колелото на следващия разряд и го завърта на 1/10 оборот.

***

През XVII и XVIII век се поставят основите на повечето съвременни науки и индустрии. Същото може да се каже и за производството на сметачни машини. Въпреки че механичните калкулатори все още се смятат за екзотични играчки, основните принципи и механизми за тяхната изработка вече са открити—короновидните и зъбните предавки на Шикард и Паскал, стъпалните цилиндри на Лайбниц, колелата с променлив брой зъби на Лайбниц и Полени. Технологиите за металообработване вече са достатъчно напреднали, така че стават възможни шедьоври на механиката като калкулатора на Браун и Вейринге и машината на Хан. Вече е време изработката на сметачни машини да се превърне в индустрия, но това ще бъде направено не от някой гениален енциклопедист като Паскал или Лайбниц (защото времето на енциклопедистите вече е безвъзвратно отминало) а от един френски застраховател, както ще видим в глава V.

Глава IV

Чарлз Бебидж – бащата на компютъра

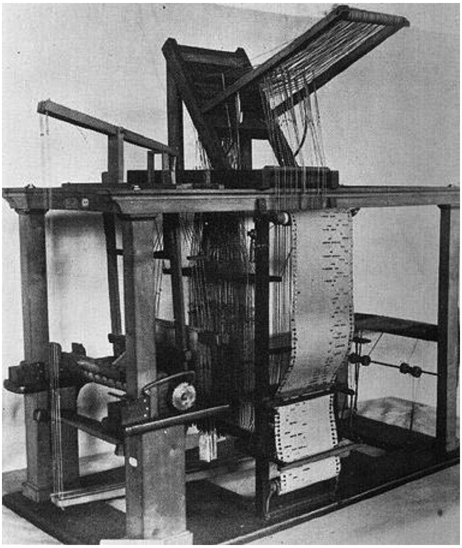
"Скъпи сине, ти си напреднал толкова много в осъществяването
на една велика цел, която е достойна за твоята амбиция.
Ти си способен да я изпълниш."
Елизабет Бебидж (майка на Чарлз Бебидж)

Една истинска изчислителна машина според съвременните ни разбирания се нуждае от механизми за извършване поне на две основни функции: първият — механизъм за съхранение и обработка на числа и вторият — някакъв управляващ механизъм, позволяващ да се задават последователности от аритметични операции, които машината да изпълнява самостоятелно. Всички разгледани досега от нас машини се опитваха, коя успешно, коя не толкова, да правят елементарна обработка на числа, предимно сумиране, но не и да съхраняват резултатите от пресмятанията, да не говорим пък за някакво управление на изчисленията.

Хората са се опитвали да правят машини, които имат прости механизми за автоматичен контрол още преди хилядолетия. В първи век сл. Хр. известният математик и механик Херон Александрийски създава множество пневматични машини, в управлението на някои от които се използват цилиндри с щифтове. Подобни механизми, управляващи сценични фигури, създава в края на XV век и Леонардо да Винчи. Един от известните френски архитекти и инженери от началото на XVII век — Соломон дьо Ко (1576-1626) също използва цилиндри за управление на свиренето на орган и движението на сценични фигури.

По времето на Ренесанса в Европа са правени астрономически часовници с автоматични функ-

фиг. 1
Автоматична машина на Анри Мейарде от XVIII век, демонстрираща рисуване и писане



фиг. 2
Тъкачният стан на Базил Бушон

ции, които в определен час започват да показват фигури и свирят музика. Някои изкусни европейски и арабски механици създават машини (фиг. 1), които могат да пишат, свирят или изпълняват някое друго несложно действие, което може да бъде задвижвано и управлявано с помощта на известните дотогава механизми.

За управлението на машините си Бебидж използва не само цилиндри с щифтове, но и перфокарти от тъкачния стан на Жакар (за аналитичната машина).

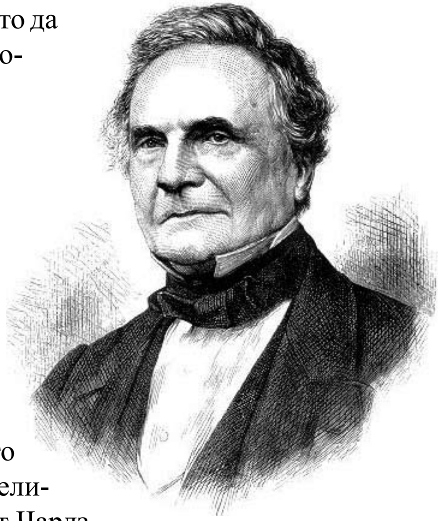
Първият тъкачен стан с перфолентно управление е създаден през 1725 год. от френският изобретател Базил Бушон (фиг. 2). По-късно подобни станове изработват Жан-Батист Фалкон (1728 год.) и Жак дьо Вокансон (1745 год.), но първият широко разпространен автоматичен стан е направен през 1804 год. от Жозеф-Мари Жакар (1752-1834). Как работят тези първи масови автоматични машини?

Текстилната тъкан представлява преплитане на взаимно перпендикулярни нишки. Нишките на основата (надлъжните) са прокарани през нишкопроводите — отвори с примки от тел, наречени нишководачи. При най-простото преплитане примките през една се повдигат и между повдигнатите и останалите на мястото си нишки се образува междина, в която совалката прокарва след себе си нишката на вътъка (напречната), след което повдигнатите нишки се отпускат надолу и се повдигат останалите. При по-сложен рисунък на преплитането примките, и съответно нишките трябва да се повдигат в различни други комбинации.

В стана на Жакар нишководачите са свързани с дълги игли, опиращи в перфокартите. Когато срещнат отвор, иглите се придвижват, в резултат на което свързаните с тях нишководачи се повдигат. Иглите, опиращи в картите в място, където няма отвор, остават на мястото си заедно със свързаните с тях нишководачи. По такъв начин междината за совалката, в която се вдява вътъкът, а с това и рисунъкът на преплитането на нишките се определя от набора отвори върху съответните карти.

В началото на XIX век вече е имало натрупани знания в областта както на механичните сметачни устройства, така и на автоматичните устройства.

Нужен е бил обаче един гениален ум, който да изпревари с цял век нуждите на обществото и възможностите на технологиите, за да стигне до идеята до комбинирането им така, че да се получи праобраза на съвременните компютри — устройство, което не само да изчислява, но и да съхранява информацията и да може да бъде програмирано. Името на този човек е Чарлз Бебидж (фиг. 3).



фиг. 3
Чарлз Бебидж (1791-1871)

Синът на лондонския банкер Бенджамин Бебидж — Чарлз е роден на 26 декември, 1891 год. в Лондон. Тъй като бил с доста крехко здраве, а пък и родителите му можели да си го позволят, малкият Чарлз получава началното си образование от частни учители. Още оттогава показва голям интерес към математиката и я изучава с такова удоволствие, че когато навършва 18 години и постъпва в известния Тринити колидж в Кембридж, открива че в някои области знае много повече от своите преподаватели.

Вероятно през 1820 год., правейки астрономически изчисления с помощта на таблици и разстроен от множеството грешки в таблиците, Бебидж споделя със свой приятел „Боже мой, бих желал тези изчисления да бяха направени чрез парна машина", на което приятелят му отвръща—"Твърде е възможно". Бебидж се замисля си и само след няколко дни общата идея за машината (станала известна по-късно като *диференчната машина*) вече е формулирана. Причините, поради които именно табулирането на функции е обект на интереса на младия математик е много проста — през XVIII и XIX век голяма част от изчисленията са извършвани чрез използването на различни видове таблици — аритметични, тригонометрични, логаритмични. На подобни таблици базирали изчисленията си банките, кредитните кантори, застрахователните компании, астрономите, земемерите, данъчните служители, както и капитаните на корабите на великата морска държава — Англия. Съставянето на тези таблици изисквало огромен труд на голям брой изчислители, а всяко издание съдържало доста грешки.

Идеята на Бебидж е процесът за изчисляване на таблиците да се автоматизира, чрез създаване на специализирана изчислителна машина[1] за табулиране на полиноми, като се използва известния в числовия анализ метод

1 Както вече споменахме в предишната глава, идеята за подобна машина е изказана за пръв път от Йохан Мюлер през 1786 год., Бебидж обаче естествено не е бил запознат с това — бел. авт.

Δ^2	Δ	T (x^2+x+41)	x
		41	0
	2		
2		43	1
	4		
2		47	2
	6		
2		53	3
	8		
2		61	4
	10		
2		71	5

фиг. 4
Таблица за функцията
$T=x^2+x+41$

на крайните разлики, който ще поясним чрез един пример. Нека например е необходимо да се състави таблица за стойностите на функцията:

$$T=x^2+x+41$$

където x е променливата, а T—търсеното число за табулиране.

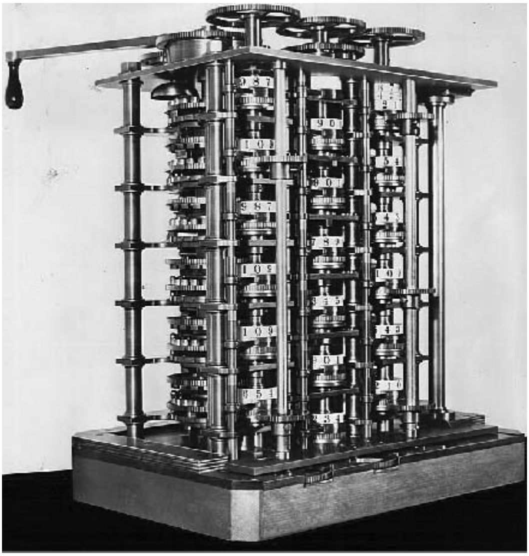
Нека съставим таблица за първите няколко стойности на x (фиг. 4).

В първата колона отдясно-наляво е променливата x, във втората—стойността на функцията, в третата—разликата между две последователни стойности на функцията, а в четвъртата—разликата между две последователни първи разлики. Както се вижда, втората разлика е постоянна. По аналогия можем да очакваме, че ако функцията беше от трета степен, тогава третата разлика би била постоянна и това наистина е така не само за третата, но и за произволна степен на функцията.

Другата важна зависимост, която се забелязва е тази, че всяка следваща стойност на функцията може да бъде намерена, като се събере предишната стойност на функцията с първата и втората разлика (както е показано в таблицата чрез заградените в рамки числа, например стойността на функцията за x=3 (53) се получава чрез сумиране на стойността за x=2 (47) с първата разлика (4) и втората разлика (2)—47+4+2=53), т. е. чрез прости сумирания може да бъде продължена таблицата до произволен ред.

Полезността на диференчната техника за изчисляване на функции се състои в това, че почти всички последователни функции (чрез които можем да опишем огромна част от всичко, което се случва в нашия свят) могат да се апроксимират чрез полиноми, като се разделят на по-малки части. Колкото по-малки са тези части и е по-висока степента на полинома, описващ функцията, толкова резултатът е по-точен. Ако искаме например да разполагаме със стойностите на произволна функция за определен интервал, трябва (ако е необходимо) да разделим този интервал на достатъчно малки части и да намерим полином, описващ с достатъчна точност поведението на функцията във всяка част. След това по метода на крайните разлики табулираме стойностите на полинома за всички части и вече имаме готова таблица, описваща поведението на функцията за целия интервал.

Бебидж е наясно, че машината трябва да може да съхранява в паметта си стойността на числото във всяка колона (с изключение на самата променлива), както и да има механизъм за събиране на разликите. За квадратна функция, подобна на разгледаната по-горе, са необходими три регистъра — за резултата, за първата разлика и за втората разлика.



фиг. 5
Част от диференчната машина (1832 год.)

През 1820 год. Бебидж започва да конструира дървен прототип на своята *диференчна машина*, който е готов в началото на 1822 год. С негова помощ той пресмята първите 30 стойности на квадратната функция от фиг. 4 за две минути и половина и се убеждава, че е на прав път. По същото време той разглежда и възможността за създаване на други специализирани сметачни машини за умножение, пресмятане на корените на уравнения, на прости числа и т. н.

През 1822 и 1823 год. принципите на работа на машината са представени пред научната общност и докладите са посрещнати с голям интерес. Твърде скоро Бебидж разбира, че за изработката на такава голяма и сложна машина ще бъдат необходими много пари и се обръща с молба за финансиране към правителството, което се отнася благосклонно към проекта и през 1823 год. отпуска сумата от 1500 фунта стерлинги. Скоро обаче тази сума свършва и Бебидж продължава работата със собствени средства, като се обръща отново с молба за финансова подкрепа. През 1829 год. правителството отпуска още 1500, а по-късно и още на два пъти по 3000 фунта стерлинги, започва и строителството на специална сграда за машината.

Дотук обаче свършва щастливата част на историята. По същество работата върху машината приключва през 1833 год. За нейната изработка вече е вложена огромната за времето сума 17000 фунта стерлинги правителствени пари (поне още 6000 стерлинги лични средства е вложил самият учен). Минават доста години, а машината не е завършена, така че правителството загубва интерес към проекта. Определена вина за това има и самият Бебидж, който е перфекционист и се стреми да проектира и изработи една голяма и съвършена машина, иска да наеме най-добрите инженери и чертожници, а всеки детайл да е изпипан до съвършенство. Както ще видим по-късно, последователите на Бебидж успяват с много по-малко средства и за по-малко време да изработят подобни машини.

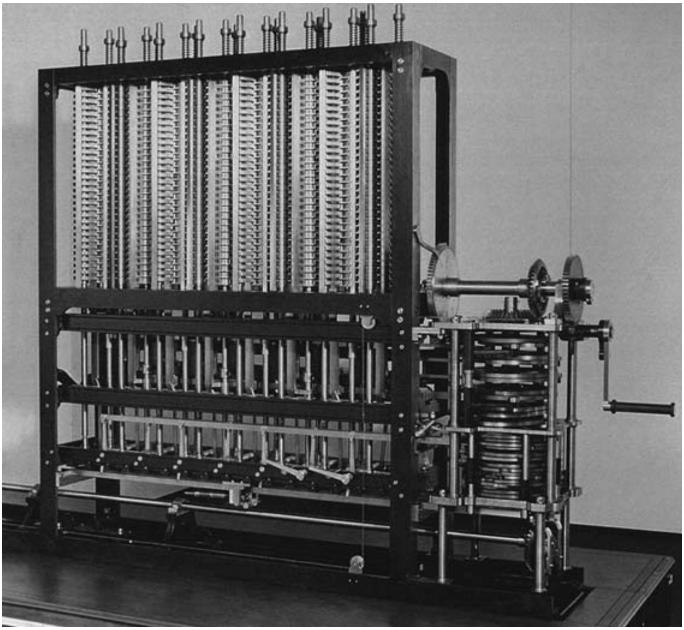
фиг. 6
Машината (mill) и печатащото устройство на аналитичната машина, довършени от Х. Бебидж

През същата тази 1833 год. ученият вече е наясно, че тази машина е само първата и плаха стъпка към нещо по-съвършено — *аналитичната машина* и постепенно губи интерес към диференчната.

През 1832 год. е монтирана и изпробвана част от машината (фиг. 5). Всичко работи добре, машината изчислява с точност до петия знак квадратни функции. Диференчната машина е истински гигант в сравнение с другите изчислителни машини. Показаната на фигурата част от машината е като обем 1/7 част от нея, състои се от 2000 месингови части, а цялата машина е трябвало да съдържа над 25000 части и да тежи около 15 тона.

През 1834 год. Бебидж разработва основните принципи на аналитичната машина, представляваща праобраз на универсалните цифрови изчислителни машини, появили се цял век по-късно. По време на работата си върху новата машина той създава изцяло нова схема за събиране на числата, много по-съвършена от тази на диференчната машина. През 1836 год. ученият се опитва да осигури финансирането на правителството за новата машина, но тъй като разбира, че това няма да стане без да бъде завършена диференчната машина, предлага да преработи нейният сумиращ механизъм и я завърши. Правителството обаче не проявява никакъв интерес, а през 1842 год. официално съобщава на изобретателя, че прекратява финансирането. Неуспехът на Бебидж има съкрушаващ ефект не само за самия него, но и върху други изобретатели, тъй като правителството дълги години отказва да финансира каквито и да е проекти в тази област. Според някои учени делото на Бебидж е било обречено на неуспех, тъй като неговите проекти са изпреварили с много десетилетия както технологиите, необходими за изработка на машините му, така и (особено що се отнася до аналитичната машина) разбирането и нуждите на тогавашното общество от тях.

През следващите години изобретателят продължава работата върху аналитичната машина, а през 1848 год. преработва и конструкцията на диференчната машина, като новата машина съдържа три пъти по-малко части от старата и работи много по-бързо от нея.



фиг. 7
Пълно работещо копие на диференчната машина (1991 год.)

През дългия си живот този изключителен човек работи не само върху машините си, но и в най-различни други области, като публикува над 80 статии и книги главно в областта на математиката. Най-интересните от тях са: отпечатания през 1826 год. труд, разясняващ принципите на застраховането; издадените през 1827 година логаритмични таблици, които са изключително точни и са използвани дори през XX век; през 1830 год. остра полемика предизвиква труда му за упадъка на английската наука; изключително ценна е публикуваната през 1832 год. книга за производствените технологии и тяхната икономическа база; следват книга с философска тематика през 1837 год. и автобиографията му, излязла през 1864.

Бебидж продължава да работи върху усъвършенстването на аналитичната машина чак до смъртта си през 1871 год. Големият учен напуска този свят огорчен от неосъществяването на своите планове. Неговите трудове обаче оказват съществено влияние върху някой от пионерите на изчислителните машини през първата половина на XX век. Един от синовете на Чарлз Бебидж — Хенри, се опитва след смъртта на баща си да продължи делото му, но успява само да завърши два основни блока на аналитичната машина (фиг. 6) — машината (mill или аритметичното устройство) и печатащия механизъм, които са демонстрирани през 1910 г.

4.1. Диференчната машина на Бебидж

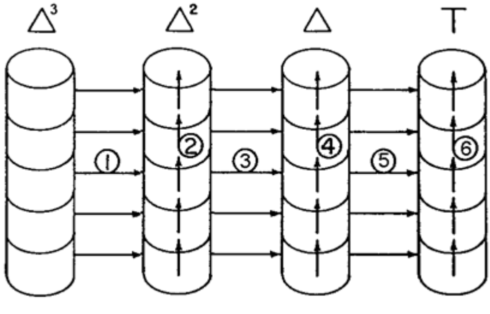
Диференчната машина (фиг. 7) се състои от две основни части: изчислителен механизъм и печатащо-управляващ механизъм. Тя се привежда в действие чрез завъртане на голямата ръчка (вижда се в дясната част на фиг. 7). Тази ръчка завърта т. нар. *първа ос*, един оборот на която всъщност представлява един машинен цикъл, защото по време на този оборот се извършват необходимите движения и се отпечатва една цифра от резултата.

Цифрите се представят чрез въртенето на хоризонтално разположени зъбни колела, а числата — чрез няколко такива зъбни колела, разположени върху обща вертикална ос. Оста за резултата има 18 колела (разряда), а останалите — по 16 колела. Всяка ос служи не само за съхраняване на число, но и като сумиращ механизъм и тъй като втората машина е можела да изчислява функции от шеста степен, в нея тези оси са седем на брой (шест за разликите и една за резултата).

Във всеки разряд (всяка цифра) на разликата има механизъм, който кара съответното колело да се завърти на толкова единици, колкото е цифрата. Това движение се предава чрез зъбна предавка на съответната цифра на по-високата разлика или на табулираната функция. По този начин всяко събиране може да се раздели на два етапа — едновременно прибавяне на всички цифри на разликата към съответните цифри на по-високата разлика или на функцията, и след това предаване на преноса (ако е необходимо) от единиците нагоре към по-високите разряди.

За да се табулира една стойност на функцията това действие трябва да се повтори за всички разлики. Табулирането например на една кубична (от трета степен) функция изисква шест стъпки за изчисляване на една стойност на функцията (фиг. 8):

1. Прибавяне на цифрите на третата разлика (Δ^3) към тези на втората.
2. Пренос между разрядите на втората разлика.
3. Прибавяне на цифрите на втората разлика към тези на първата.
4. Пренос между разрядите на първата разлика.



фиг. 8
Етапи при табулиране на кубична функция

5. Прибавяне на цифрите на първата разлика към тези на функцията.
6. Пренос между разрядите на функцията.

Ако се работи по горния алгоритъм, тогава за изчисляването на една стойност на функция от шеста степен ще бъдат необходими дванадесет стъпки. За да намали времето на изчисление, 1550

No.		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
1550	190	3317	3597	3877	4157	4438	4718	4998	5278	5558	5838	
51		6118	6398	6678	6958	7238	7518	7798	8078	8357	8637	
52		8917	9197	9477	9757	0036	0316	0596	0876	1155	1435	
53	191	1715	1994	2274	2553	2833	3113	3392	3672	3951	4231	279
54		4510	4790	5069	5348	5628	5907	6187	6466	6745	7025	1 28
55		7304	7583	7862	8142	8421	8700	8979	9259	9538	9817	2 56
56	192	0096	0375	0654	0933	1212	1491	1770	2049	2328	2607	3 84
57		2886	3165	3444	3723	4002	4281	4559	4838	5117	5396	4 112
58		5675	5953	6232	6511	6789	7068	7347	7625	7904	8183	5 140
59		8461	8740	9018	9297	9575	9854	0132	0411	0689	0968	6 167
60	193	1246	1524	1803	2081	2359	2638	2916	3194	3473	3751	7 195
1561		4029	4307	4585	4864	5142	5420	5698	5976	6254	6532	8 223
62		6810	7088	7366	7644	7922	8200	8478	8756	9034	9312	9 251
63		9590	9868	0145	0423	0701	0979	1257	1534	1812	2090	
64	194	2367	2645	2923	3200	3478	3756	4033	4311	[illegible]		
65		5143	5421	5698	5976	6253	6531	[illegible]				
66		7918	8195	8472	8749	[illegible]						
67	195	0690	0967	[illegible]								
68		[illegible]										

фиг. 9
Разпечатка от диференчната машина

Бебидж въвежда едновременно сумиране на разликите. Например разглеждания по-горе алгоритъм за кубична функция може да се ускори така: В момента, в който се прибавя първата разлика към функцията (стъпки 5 и 6), осите на третата и втората разлика остават неподвижни. Ако се направи така, че събирането на третата и втората разлика (стъпки 1 и 2) да става в същия момент, в който се събират първата разлика и функцията, ще спестим две стъпки на машината, т. е. за 4 стъпки изчислението ще е завършило. Аналогично се комбинират сумиранията на разликите за функции от по-висока степен, така че за функция от n-та степен (машина с n оси) винаги ще бъдат достатъчни $n+1$ стъпки.

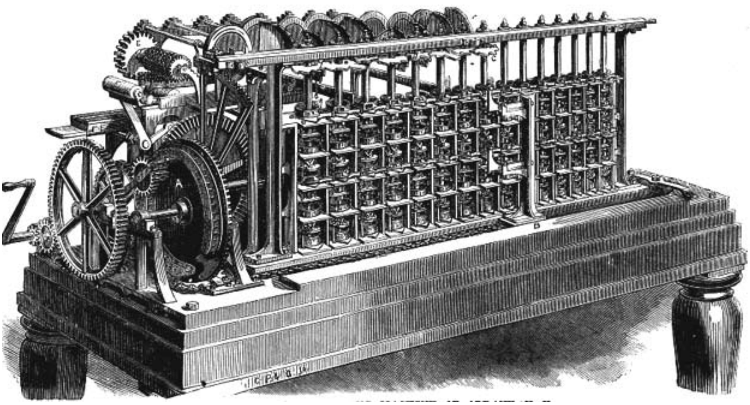
Преносът на десетиците се извършва чрез специално езиче-запънка, което се освобождава при преминаване на всяко колело във фазата на събирането от 9 до 0. Във фазата на преноса всички езичета се връщат на мястото си с помощта на лостове, които същевременно завъртат на една стъпка колелото на следващия старши разряд. На свой ред всяко такова завъртане може да предизвика преминаване от 9 към 0 и следователно освобождаване на запънката на следващия разряд, която отново трябва да се върне на мястото си, след като се осъществи пренос в следващия разряд. По такъв начин връщането на запънките по местата им трябва да се извършва последователно, като се започне от младшия разряд на регистъра. Тази система се нарича събиране с последователен пренос. Поради необходимостта от последователно преглеждане на всички разряди времето за пренос може да се окаже значително по-голямо, отколкото времето на първата фаза (събирането).

Управлението на ниско (микропрограмно според съвременната терминология) ниво на машината е чрез 14 цилиндъра, разположени на една ос.

Функциите, които могат да бъдат описани само с един полином за цялата област на дефиниране са сравнително прости и на практика рядко използвани. При табулирането на логаритмични и тригонометрични функции например, често се налага те да се описват приближено с полиноми, различни за различните участъци. При преминаването от един участък към друг трябва ръчно да се изменят стойностите на разликите. Бебидж предвидил тази възможност, а за да се предотврати възможността изчислителят, работещ с машината, да забрави за необходимостта да смени стойностите на разликите, в машината бил монтиран звънец, който звънял след изпълнението от машината на определен брой стъпки на изчисленията.

Най-сложната част от машината трябвало да бъдат управляващият и печатащият механизми. Машината печата на цял лист таблица за изчисляваната функция. Печатащият механизъм се свързва с изчислителната част посредством ексцентрици, които предават резултата от изчисленията на група стоманени поансони (чукчета, върху които са гравирани цифри или букви). Те го пренасят върху медна пластинка, която се използва за получаване на необходимия брой разпечатки, подобни на тази на фиг. 9.

4.2. Пер Георг Шюц и останалите



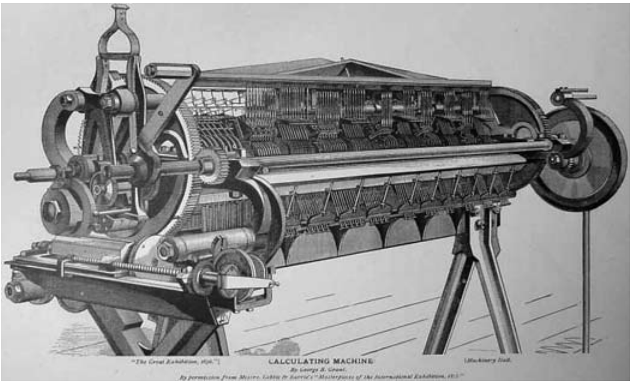
фиг. 10
Табулиращата машина на Пер Георг Шюц

Шведът Пер Георг Шюц (1785-1873) се запознава с принципите на действие и устройството на диференчната машина на Бебидж от статия в списание[1] и решава сам да създаде подобна машина. През 1837 год. към него се присъединява и синът му Едвард (1821-1881). Тъй като в гореспоменатата статия машината на Бебидж е описана твърде общо и само принципно, Щюц създава сам основните механизми на своята машина. Прототипът на машината е готов някъде около 1840 год. и може да обработва петцифрени числа и изчислява функции с постоянни първи разлики. През 1842 год. е готов първият работещ модел, който вече изчислява със същата точност функции с постоянни трети разлики. Същият модел, но вече с добавен печатащ механизъм, през 1843 год. е демонстриран пред Шведската академия на науките.

След като зарязал бизнеса си и изразходвал всичките си спестявания, Георг Шюц се обръща за подкрепа към парламента и получава финансова подкрепа, която макар е че е била много по-скромна от тази за Бебидж, се оказва достатъчна и през 1853 год. машината (фиг. 10), наречена *табули-*

1 Списанието „Edinburgh Review“ (Единбургски обзор), брой от 1834 год. — бел. авт.

раща машина е окончателно завършена, като последният модел обработва петнадесетцифрени числа и изчислява функции с постоянни четвърти разлики. Машината е демонстрирана на изложението в Париж през 1855 год., където получава златен медал, а по-късно два екземпляра от нея са използвани за астрономически и статистически изчисления в САЩ и Англия.



фиг. 11
Диференчната машина на Грант

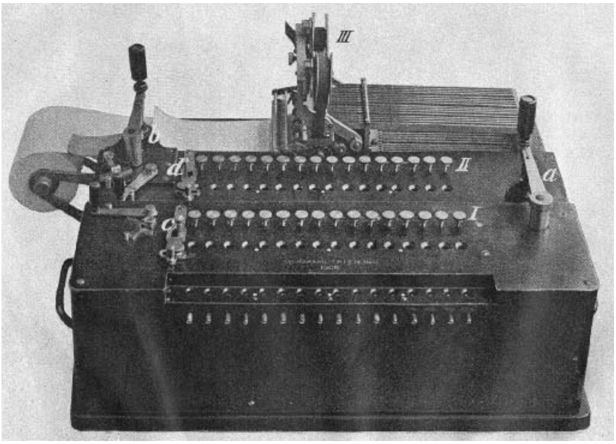
Слабото място на машината на Шюц е механизмът за пренос, който се осъществява чрез движещ се пред основния механизъм лост (вижда се на фигурата). Освен това машината няма механизъм за фиксиране на позицията на цифровите колела (за разлика от тази на Бебидж), а разчита само на триенето те да останат на правилната позиция, което води до грешки.

През 1860 год. известният английски инженер Донкин изработва копие на табулиращата машина на Шюц, която се използва дълго време за статистически изчисления.

През шестдесетте години на XIX век шведският математик Мартин Виберг (1826-1905) изработва много сполучлива диференчна машина. С нейна помощ са изчислени логаритмичните и тригонометрични таблици, публикувани в Стокхолм през 1876 год.

През седемдесетте години на XIX век американският изобретател Джордж Грант (1849-1917) изработва диференчна машина (фиг. 11), показана на изложба във Филаделфия през 1876 год., заедно с още една негова изчислителна машина, предназначена за умножение и деление, разгледана в следващата глава. Няма информация тази машина да е била използвана за практически цели.

През 1908 год. Баушингер и Петерс, редактори на ново германско издание на логаритмични таблици се обръщат към известния берлински изобретател Кристел Хаман (за когото ще стане дума и в следващата глава) с молба да създаде малка диференчна машина за табулиране на функции. Машината (фиг. 12) на гениалния Хаман е готова само след няколко месеца — през 1909 год. и оказва голяма помощ на изчислителите на таблиците. Състои се от два отделни изчислителни механизма и печатащ механизъм. Не е



фиг. 12
Диференчната машина на Хаман

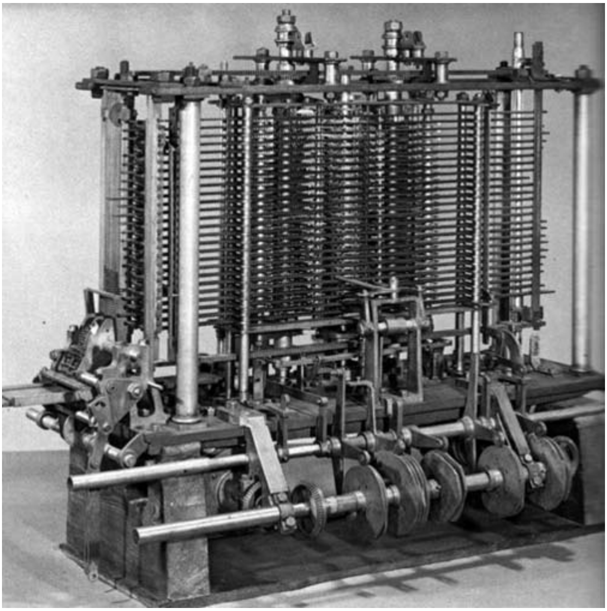
известно дали машината е използвана след завършването на работата по таблиците през 1910 год.

Нуждата от специализирани сметачни машини за изчисляване на таблици отпада едва през 20-те години на XX век, когато главно благодарение на усилията на новозеландския учен Лесли Комри (1893-1950) са разработени методи за изчисляването им чрез обикновени сметачни машини.

4.3. Аналитичната машина на Бебидж

Диференчните машини на Бебидж и неговите последователи, въпреки своята сложност в сравнение с използваните по това време суматори и полезност при изчисляване на таблици, не представляват нищо повече от специализирано изчислително устройство с фиксирана програма на действие. Ако само това беше заслугата на Бебидж, той не би заслужавал отделна глава в тази книга. Англичанинът обаче не спира дотук, а прави една огромна крачка напред в бъдещето, проектирайки първия универсален компютър в света — т. нар. *аналитична машина* (фиг. 13)

Още след завършването на първата диференчна машина през 1822 год., Бебидж започва да мисли за въвеждането на обратна връзка в механизма. Както вече споменахме, при табулирането на функциите се налага от време на време да се сменят стойностите на последната разлика, при което това се прави в зависимост от числото в регистъра на функцията. Колкото по-сложна е функцията, на толкова повече части е разделена нейната крива и толкова по-често се налага тази ръчна операция. Ако се направи така, че регистрите на последната разлика и на функцията да са свързани помежду (Бебидж предлага това да стане, като се поставят осите на машината в окръжност, така че осите на функцията и последната разлика да са една до друга и чрез зъбни предавки да се свържат помежду си), тогава стойността на функцията би могла да бъде изчислена точно, без да се налага ръчно



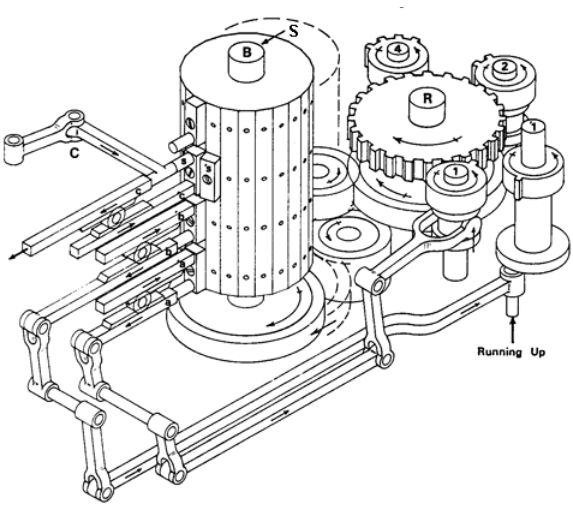
фиг. 13
Част от аритметичното устройство на аналитичната машина, изработено по поръчка на Бебидж

въвеждане, нито пък разделянето на функцията на части и апроксимирането им с полиноми. Бебидж нарича това подреждане „машина, която е захапала опашката си“. Вторият модел на диференчната машина, завършен през 1832 год., вече включва механизъм за такава обратна връзка. С помощта на частта от машината, завършена тогава, Бебидж изчислява около петдесет такива функции, които табулира в тетрадките си.

След прекратяването на работата по диференчната машина през м. април, 1833 год., Бебидж продължава да работи по идеята за обратната връзка, като едновременно с това усъвършенства механизма така, че да улесни умножението и делението. Той разработва също и нов механизъм за пренос (т. нар. *anticipating carriage-предвиждащ пренос*), който ускорява много работата и на двете машини.

След простата обратна връзка Бебидж развива идеята си за автоматично управление на механизмите, като целта му е да направи универсална автоматична машина, способна да изчислява стойностите на всички формули или функции, за които математиката може да даде метода на изчисление. През септември 1834 год. са готови първите чертежи на детайли от механизма. Аритметичното устройство (което Бебидж нарича *mill* — машина) е отделено от съхраняващото устройство — *store* (склад, хранилище).

Аритметичните операции се извършват в *машината*, управлявани според първоначалния проект от един главен и няколко (до седем на брой) помощни цилиндри с щифтове (палци). Според чертежите, запазени до днес (фиг. 14), главният цилиндър е трябвало да има от 50 до 100 вертикални (успоредни на оста) реда с щифтове, като на всеки ред може да има 100-200 щифта, които могат да се поставят и изваждат. Според съвременната терминология, този цилиндър служи като микропрограмна памет с капацитет 50-100 инструкции, всяка от които има 100-200 бита. Той може да се за-



фиг. 14
Цилиндров механизъм на аналитичната машина

върти на произволен брой стъпки напред или назад, нещо повече, тези движения могат да зависят от текущото състояние на машината, правейки възможно условното изпълнение на операции. Помощните цилиндри са подобни на главния, но с по-малък капацитет.

Когато даден цилиндър придвижи оста си напред (посоката, указана фиг. 14 със стрелката S), тези щифтове котактуват с точно определени лостчета, които от своя страна включват или изключват предаването на въртеливо движение от главната задвижваща ръчка към различни механизми на машината. След като цилиндърът се върне назад и се отдели от лостовете, тогава той може да се завърти около оста си така, че следващия път в сцепление с лостовете да влязат палците, разположени на друга вертикална ивица от него.

Между механизма на някои от лостовете, задействани от цилиндъра и самия цилиндър е имало обратна връзка, т.е. механизмът на лостовете определя коя ще е следващата ивица, на която ще се завърти цилиндърът. Някои лостове не са задействали подобна обратна връзка. Трета група лостове пък са имали връзка, чрез която условно събитие (нещо, което в програмните езици се описва с условна *if-then* конструкция) в аналитичната машина, като например пренос от най-старшия разряд може да завърти цилиндъра към друга вертикална ивица. Бебидж използва за указване на следващата позиция на цилиндъра принцип, който днес наричаме *относително адресиране*—указва се на колко ивици да се завърти цилиндъра, а не каква абсолютна позиция да заеме. Другата интересна аналогия със съвременните ни понятия, която можем да направим е, че механизмът на лостовете, задействани от дадена вертикална ивица, може да върне цилиндъра на предишна ивица (*условен преход*, като по този начин можем да реализираме *цикъл*).

При събиране и изваждане цилиндрите, управляващи регистрите I, A и “A и съответните механизми работят независимо един от друг, отговарящи

фиг. 15
Перфокарти от аналитичната машина

до известна степен на локални условни събития, но работещи заедно, за да изпълнят поредицата от събирания и изваждания. Цилиндрите фактически задават алгоритмите на изпълнение на аритметичните действия и потребителят на машината може да разглежда тези операции като основни (на микропрограмно ниво) и да задава изчисленията, като използва тези елементарни функции.

През 1836 год. Бебидж заменя главния цилиндър с перфокартни устройства (фиг. 15), идеята за които взима от стана на Жакар, като по този начин улеснява и обогатява много управлението на машината. Аналитичната машина може да разпечатва междинните или окончателните резултати от изчисленията, а в по-късните проекти — може и да перфорира карти с резултатите.

Не съществува един единствен и цялостен проект на *аналитичната машина*. Още от 1834 год., когато започва разработката, чак до края на живота си Бебидж непрекъснато променя и усъвършенства механизмите и логиката на действие. Съхранени са повече от 200 чертежа на различните ѝ възли и около 30 варианта на общото устройство на машината. Бебидж създава и над 400 описания на части на машината, като използва измислената от него специална система за механично описание. Още в първите проекти се разглеждат няколко възможни начина за организация на паметта и аритметичното устройство. Някои от тях са доста интересни, като например този с две аритметични устройства, които могат да се използват отделно или успоредно за обработка на 30-цифрови числа или да бъдат обединени в едно за обработка на 60-цифрови числа.

Както се вижда, Бебидж проектира машина способна да обработва многоразрядни числа (30-разрядни, а в последните варианти и 50-разрядни), така че изчисленията да могат да бъдат извършвани с голяма точност и да разполага с голям динамичен обхват за числовите стойности. Той не предвижда обаче използването на числа с плаваща десетична запетая, тъй като това би усложнило доста механизма на машината (същото правят и 100 години по-късно изобретателите на първите електронни компютри).

За разработка на алгоритмите на работа на машината Бебидж използва специална измислена от него графична система на означение, с помощта на които разработва алгоритми и микропрограми, доста по-сложни от тези на създадените след повече от век електронни компютри.

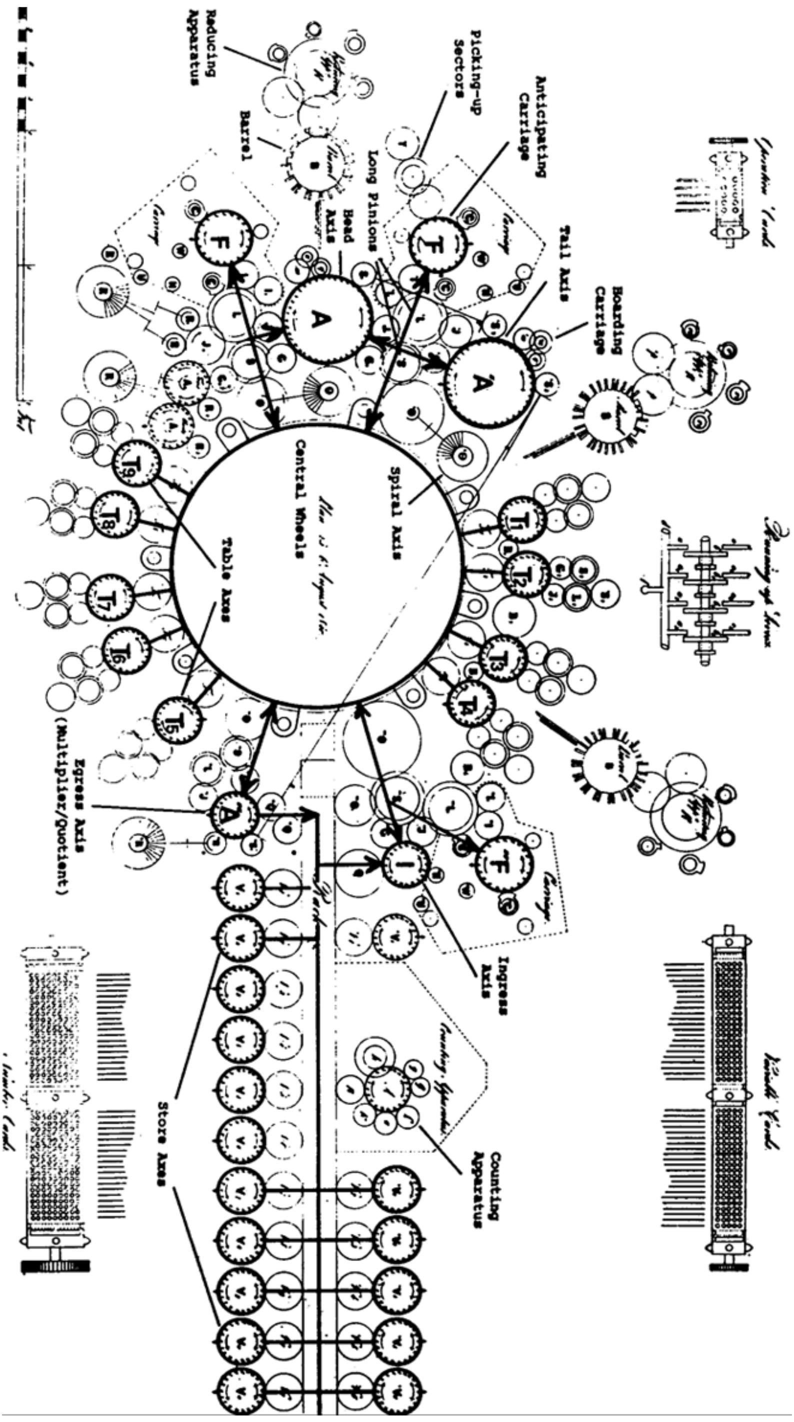
На фиг. 16 е представен изглед отгоре на механизма на машината. В дясната част на фигурата е съхраняващото устройство (паметта-store). То се състои от цифрови колела, подобни на тези в диференчната машина, подредени върху вертикални оси от двете страни на зъбни рейки. Бебидж нарича тези оси променливи (variables) и ги означава V_1, V_2,… V_{1000}. Рейките предават числата между съхраняващите оси и *машината*, която е показана в лявата част на фигурата.

Числата се състоят от 30 (до 50 в някой проекти) десетични цифри. Отрицателните числа се означават чрез допълнително колело за знака, по едно за всяка ос за съхранение. Начинът на означаване, избран от Бебидж е от типа *знак-стойност* и е удобен за операциите умножение и деление, но усложнява събирането и изваждането. Интересното е, че Бебидж отделя доста време при проектирането на аналитичната машина, за да избере подходящата бройна система, като е разглеждал системи с база от 2 до 100, но накрая се спира на познатата десетична система.

Аналитичната машина използва много по-прост механизъм за съхранение и четене на числа от диференчната. За да бъде прочетено дадено число всяко цифрово колело се завърта в обратна посока, докато застане в нулева позиция. Това движение чрез зъбна рейка се предава на *машината*. По този начин при четене числото може да се изтрие от паметта, тъй като всички колела се връщат в нулева позиция. Възможно е обаче след прочитането, при връщането на зъбните рейки в начално положение, ако се запази зацепването на рейките с колелата на паметта, числата отново да бъдат възстановени в паметта (кой от двата варианта ще се изпълни, зависи от типа на перфокартата, задаваща операцията). В *машината* обаче нулирането на колелата има по-сложно действие и затова повечето числови оси разполагат с двоен набор от цифрови колела, които се използват последователно (едната група приема от другата числата).

От фигурата не може да се определи размера на паметта, тъй като цифровите колела могат да се увеличават произволно надясно. В ръкописите на Бебидж се срещат различни стойности за размера на паметта, от 100 до 1000 числа. Тъй като скоростта на действие на машината не е висока, вероятно 100 числа са достатъчни за повечето практически задачи. В този случай дължината на запаметяващото устройство би била около три метра.

Преносът на числата в механизма включва твърде дълга верига от зацепващи се детайли, което би изисквало изключително прецизна изработка на детайлите, защото при недобро зацепване или износване биха възникнали грешки. За да преодолее тези затруднения, Бебидж предвижда специални



фиг. 16

План на аналитичната машина от август, 1840 год.

фиксатори-клинове, които се намират между зъбните колела и ги фиксират в определени позиции. Въпреки че това усложнява механизма на машината, Бебидж очевидно е държал много на надеждността ѝ.

В лявата част на фиг. 16 се намира *машината* (mill), чиито размер трябвало да бъде два метра в диаметър и пет метра на височина. Тя се състои от група вертикални оси (за които са прикрепени цифровите колела), подредени около група централни колела. Централните колела предават числата вътре в машината и играят роля, подобна на зъбните рейки в паметта.

Въвеждащата ос (I) и извеждащата ос (“A) имат функцията за прехвърляне на числата между паметта и *машината*. Входната и изходната оси (A и ‘A) взети заедно образуват двоен (80-цифров) акумулатор, който трябва да съдържа резултата от умножението (при умножение) или частното и остатъка (при деление). Оста A също така се използва като единичен акумулатор при събиране и изваждане, а табличните оси $T_1 - T_9$ се използват при умножение и деление.

Осите F, ‘F и “F съставят трите механизма за предвиждане на преноса на аналитичната машина. Както вече споменахме, при диференчната машина предаването на преноса беше последователно. Ако например, колелото на стотиците е в позиция 9 и получи пренос на единица от колелото на десетиците, то ще се завърти към позиция 0 и ще предаде пренос към колелото на хилядите. Това последователно предаване на преноса отнема много време, като при диференчната машина времето за изпълнение на преноса е значително повече от времето за самото събиране. Затова Бебидж хвърля много усилия, за да усъвършенства този механизъм, изработвайки повече от 20 варианта, докато накрая разбира, че е необходимо ново решение — предвиждащият (изпреварващия) пренос. При него преносът към хилядите в горния случай може да се извърши не само при прехода на колелото на стотиците от 9 към 0, а още при прехода на колелото на десетиците от 9 към 0, тъй като това неминуемо ще доведе до пренос и при стотиците. По този начин ще бъде спестено време. Предвиждащият пренос става чрез механизъм (използващ система от движещи се лостове), наречен *преносна верига*, който определя, преди да се задвижи което и да е цифрово колело, кое колело трябва да получи преноса и всички колела от началното, от което тръгва преноса, до последното, което получава преноса се завъртат едновременно. Така при всички сумирания, независимо колко преноса се налага да бъдат направени, ще бъдат достатъчни само два машинни цикъла — при първия става самото събиране на числата, а при втория — преноса. Механизмът на веригата (chain), се използва и за други цели, както ще видим по-късно.

Изобретяването на този механизъм е идея, с която Бебидж е бил особено горд, но изработката му изисква голяма прецизност и би струвала много пари. Може би поради тази причина, а и поради горчивия си опит от диференчната машина, Бебидж се съсредоточава върху проектирането на машината, като изработва само малки опитни модели на отделни възли (фиг. 15). Чертежите му обаче са много точни, а в описанията са разгледани и евентуални механични проблеми. Част от механизма на предвиждащия пренос е била изработена и работи перфектно.

Методите, които се използват при умножение и деление са доста прости, макар че механизмите за тяхното осъществяване са сложни. Изобщо целият алгоритъм на действие на аналитичната машина не изглежда сложен, поне според съвременните ни разбирания, но като си преставим, че всичко трябва да бъде направено със зъбни колела, рейки, лостове и т. н., а не чрез интегрални схеми или поне транзистори, тогава нещата изглеждат другояче. Това са огромен брой механични елементи, които трябва да работят в синхрон.

Когато трябва да се умножат две числа, първо трябва да бъде определено кое от тях има по-малко значещи цифри и то да стане множител. За тази цел е проектиран специален механизъм, наречен „апарат за броене на цифрите“. Самото умножение става чрез събиране (макар че има разработен вариант на механизъм за умножение, базиран на използването на цилиндри), като първо се предава множимото от паметта към *машината*, и се записва в табличната ос T_1. След това започва последователно прибавяне на множимото към самото себе си, като получените произведения на множимото с числата от 2 до 9, се записват в табличните оси $T_2 - T_9$. След това се предава множителя цифра по цифра, започвайки от единиците, след което се избира съответното произведение от табличните оси и се прибавя към резултата, който се получава във входната и изходната оси (A и ‘A). След това произведенията в табличните оси се преместват нагоре с една цифра (което е еквивалентно на умножение по 10) и процесът се повтаря със следващата цифра от множителя и т. н., докато се прочетат от паметта всички цифри на множителя. При това действията на механизма се презастъпват по такъв начин, че всяка единична операция (изтеглянето на отделните цифри на множителя, избора на съответното произведение и добавянето му към резултата) изисква време, достатъчно за извършване на едно събиране. Като резултат се получава число с двойна дължина, което накрая се предава към паметта.

При възникване на препълване се предвижда да звънне камбанка и машината спира.

Има разработен и друг вариант за умножение. След като бъде определен множителят, двете числа се записват в две от осите на *машината*. При последователните събирания цифровите колела на разрядите на множителя намаляват стойността си до 0, а когато това стане чрез ексцентрик се задейства лост, който прекъсва *веригата* на събирането и измества множителя наляво, след което продължава събирането за следващия разряд. Така се избягва предварителното зареждане на табличните оси с произведенията на множимото по числата от 1 до 9.

За делението, подобно на умножението има разработени няколко варианта — с таблици, с цилиндри и чрез изваждане. Последният е найпростия и може да стане така (по аналогия с умножението):

Първоначално в табличните оси се записват произведенията на делителя с числата от 1 до 9. След това двете най-старши цифри от остатъка, намиращи се във входната и изходната оси се сравняват едновременно с двете най-старши цифри от произведенията, за да се определи следващата цифра на частното. След като се открие равното или първото по-голямо произведение, то се изважда от остатъка и ако се получи отрицателна стойност, тогава делителят се добавя обратно, за да се получи нов остатък. Новият остатък се премества нагоре с един разряд (умножава по 10) и процесът се повтаря. През 1840 год. Бебидж открива начин за застъпване на действията, така че всяка единична операция на делението също да отнема време, достатъчно за едно събиране или изваждане (както е при умножението), независимо от това дали цифрата на частното първоначално е била улучена точно.

Събирането и изваждането са доста по-сложни процеси, заради *знак-стойност* представянето, използвано в паметта. При умножение и деление знаците на операндите могат да бъдат пренебрегнати в процеса на изчисление и да бъдат вмъкнати направо в резултата. При събирането и изваждането обаче това не може да стане, защото отрицателният операнд превръща събирането в изваждане, променяйки действието, което трябва да бъде извършено в *машината*.

Умножението и делението са бавни операции (според Бебидж машината е трябвало да има следната скорост — шестдесет събирания или изваждания и отпечатване на резултатите в минута, едно умножение на две 50-знакови числа в минута, едно деление на 100-знаково делимо на 50-знаков делител в минута), така че времето, необходимо за извличане и съхранение на операндите може да бъде пренебрегнато. При събирането и изваждането обаче извличането и съхранението на числата, включително преобразуването им към и от *знак-стойност* представяне, отнема много повече време, отколкото онези 2-3 секунди, необходими за самата аритметична операция. Бебидж се опитва и успява да избегне това забавяне като обработва едновременно цяла група операнди, като частичните суми се записват в паметта. Фактически Бебидж използва за временно съхранение главната ос А на машината, където записва частичните суми. По този начин тази ос играе роля, подобна на регистрите в съвременните процесори.

Операциите събиране и изваждане са организирани така, че операндите се обработват едновременно, като в определен момент няколко операнда се намират на различен етап на обработка. Първо операндът се извлича от паметта във въвеждащата ос I. След това стойността му се добавя или изважда от общата стойност, записана в главната ос А. Тази обща стойност е представена като допълнение до 10. Ако частичната сума трябва да бъде записана в паметта, тя се прехвърля към изходната ос и се преобразува, като се представя във вид *знак-стойност*. Накрая резултатът се записва в паметта. Управлението на механизмите е така проектирано, че да се намали влиянието на тясното място — четенето и записването на числата в паметта. По време на бавните операции — умножение и деление, въвеждащата ос I и механизмът за предвиждане на преноса F" могат да се използват директно, заедно с паметта, като диференчна машина. Това може да се използва за изчисляване на прости полиномни функции, които са необходими за главното изчисление или субтабулация (частична табулация) на функции, чиито начални и крайни стойности се изчисляват в *машината*. Това е чудесен пример за паралелно изчисление.

За управлението на изчисленията се използват два вида перфокарти, които се четат от два отделни механизма, движещи се независимо един от друг и в двете посоки.

Първият вид са т. нар. *операционни карти* (operation cards), които задават аритметичните операции, които трябва да бъдат изпълнени в *машината*. Тъй като *машината* може да изпълнява четирите аритметични действия, операционните карти са четири вида.

Вторият вид са т. нар. *карти на променливите* или *директивни карти* (variable cards или directive cards), задаващи осите на паметта, в които се записват числата, зададени от числовите карти или междинните резултати от дадено изчисление. Тези карти всъщност осъществяват връзка чрез зъбни рейки между осите, в които са разположени числата, зададени от числовите карти и осите на *машината*, или пък между осите на машината и осите на паметта, в които се записват резултатите от изчисленията. Всяка операционна карта се нуждае от три директивни — две, задаващи осите, в които са въведени входните данни и една, указваща къде да се запише резултата. В зависимост от предназначението си директивните карти могат да се разделят на три вида:

1. *Доставящите карти* указват предаването на числа от паметта към *машината.* Те са два вида — *нулиращи карти*, при чието използване след

предаване към машината съдържанието на съответната ос се нулира и *съхраняващи карти*, при чието изполване след предаване на числото съдържанието на оста се запазва.

2. *Получаващите карти* указват предаване на числа от *машината* към паметта.

3. *Общоцелевите карти* задават управляващи операции, например отпечатване на резултата или управление на ролките с перфокарти, тъй като тези ролки трябва да се движат и действат синхронизирано една спрямо друга.

Бебидж говори и за трети вид перфокарти, които можем да причислим към директивните, това са т. нар. *числови карти* (number cards), чрез които в осите на машината се записват числата, задаващи началните данни за изчисленията. Според него тези карти могат да улеснят много работата, като в случая, при който например предварително да изчислим с машината логаритмитните таблици и да ги запазим в библиотека. Когато машината прави изчисление, изискващо логаритъма на дадено число, вместо да губим машинно време време да го изчисляваме наново по някакъв алгоритъм, просто слагаме съответната перфокарта (машината ни подсеща за това като спира и звънва камбанка) и продължаваме. Разбира се, това изисква операторска намеса, но спестява доста време (нали не сте забравили, че умножението трае най-малко минута), а пък и Бебидж е предвидил на тези карти да се означава както числото, така и търсения логаритъм, така че ако оператора сгреши картата, машината пак ще спира и звъни, докато не получи нужната ѝ карта.

Нека да програмираме работата на *машината*, за да изчислим една примерна формула:

$$x = (ab + c).d$$

Подготвяме и поставяме в съответните ролки четири числови карти (със стойностите на a, b, c и d), три операционни карти (две за умножение и една за събиране), както и десет директивни карти.

В следващата таблица са описани картите и операциите, които следват от всяка от тях:

Директивна карта (вид)	Операционна карта (вид)	Действие
1 (числова)		Записва *a* в първа ос на паметта
2 (числова)		Записва *b* във втора ос на паметта
3 (числова)		Записва *c* в трета ос на паметта

4 (числова)		Записва *d* в четвърта ос на паметта
5 (нулираща)		Прехвърля *a* от паметта в *машината*
6 (нулираща)		Прехвърля *b* от паметта в *машината*
	1 (умножение)	Умножава $a.b=p$
7 (получаваща)		Записва *p* в пета ос на паметта
8 (нулираща)		Прехвърля *p* от паметта в *машината*
9 (нулираща)		Прехвърля *c* от паметта в *машината*
	2 (събиране)	Събира $p+c=q$
10 (получаваща)		Записва *q* в шеста ос на паметта
11 (нулираща)		Прехвърля *d* от паметта в *машината*
12 (нулираща)		Прехвърля *q* от паметта в *машината*
	3 (умножение)	Умножава $d.q=x$
13 (получаваща)		Записва *x* в седма ос на паметта
14 (общоцелева)		Отпечатва крайния резултат *x*

Очевидно е, че след като веднъж сме подготвили необходимите за дадено изчисление карти, можем след завършването му да съхраним директивните и операционните карти, създавайки по този начин нещо като програмна библиотека. При следваща необходимост за извършване на същото изчисление просто трябва да подготвим само числови карти с новите данни. Разбира се, числата могат да се въвеждат в осите и чрез директно завъртане на цифровите колела.

Ето как си е представял Бебидж възможността на машината за условно изпълнение на команди, при което се използва споменатия вече принцип на веригата (chain). Нека си представим, че условното действие, което трябва да се извърши, се представя с вертикалното движение на лост, над който има разположени други девет лоста, като най-горния при своето движение нагоре задвижва някаква предавка или просто звънва камбанка. Всичките десет лоста се въртят хоризонтално около оста си при някакво събитие, да речем ако в съответната ос се получи положително число. Веригата ще бъде затворена (т. е. всички лостове ще бъдат завъртени около оста си и ще се намират един над друг) само ако са изпълнени и десетте условия за завъртане и само в този случай движението от най-долния лост ще се предаде на най-горния. Бихме могли да изпишем логиката на този механизъм така:

if (*условие 1 е изпълнено* **and** ,... , **and** *условие 10 е изпълнено*)

then (*камбанката да звънне*)

Представете си обаче, че вместо да звъни камбанка, горният лост е свързан с четящия механизъм да перфокартите така, че може да придвижи лентата напред (т. е. да пропусне определен брой операции) или назад (т. е. да изпълни още веднъж определен брой операции). Тогава нашата псевдопрограмка би изглеждала така:

```
if (условие 1 е изпълнено and ,... , and условие 10 е изпълнено)
then goto card 1000
```

При по-простия случай, когато логиката на програмата зависи от сравняването на две числа, което можем да запишем:

```
if x>y then ...
else ...
```

Тогава можем просто да запишем x и y в две от осите на паметта, след което да извадим $x–y$. Ако x е по-голямо, ще се получи остатък, в противен случай ще се задейства лостът за пренос (защото ще бъде необходим заем от по-висок разряд) и в зависимост от действието на лоста програмата ще продължи по един или друг път.

Логично е да се предположи, че по тази логика и със същия механизъм (верига) бихме могли да реализираме и логически конструкции от типа `do while`, `while do`, както и `for` цикъл.

Принципът на веригата може да управлява не само логиката на изпълнение на изчисленията, но и цялата работа на механизмите. При задействане например на операционна карта за умножение (действие, което би продължило примерно минута или повече), веригата за движение към частите на машината, които трябва да изчакат резултата ще бъде отворена и ще се затвори чак след като завърши умножението.

Бебидж като математик и философ е съзнавал, че не може една крайна машина (каквато е не само неговата, но дори и нашите свръхмощни компютри и всички останали човешки творения) да може да извърши всякакви изчисления, независимо от тяхната сложност, дължина или размера на използваните числа. Според Бебидж обаче на практика аналитичната машина предоставя пълен контрол върху всякакви математически операции. Какви са неговите аргументи за това твърде смело твърдение:

1. Броят на цифрите на всяка константа, въведена в машината може да бъде практически неограничен. Тъй като разрядността на осите е ограничена (максимум 50), ако е необходимо да се обработват числа с повече разряди, те се разлагат и представят с 50-знакови числа. Това, разбира се, не може да бъде неограничен процес, тъй като броят на осите не е безкраен, но се предполага, че 1000 оси са достатъчни за почти всички практически цели, а пък и при нужда такива могат да се добавят.

2. Броят на числата, които могат да бъдат въведени в машината е неограничен. Колкото и числови карти да сложим в четящото устройство, ако разполагаме с достатъчно време, те ще бъдат прочетени и резултатите изчислени.

3. Машината може да изпълнява само четирите основни аритметични действия (събиране, изваждане, умножение и деление), но чрез тях могат да бъдат представени функции с произволна сложност.

След като се запознахме с устройството на аналитичната машина, можем да направим директна аналогия между нея и съвременните универсални електронни компютри. Аналитичната машина има система за въвеждане на информация и програмиране (перфокарти), система за извеждане на информация (разпечатки, перфокарти или печатно клише), аритметично устройство с регистри (*машината* — mill и нейните оси), памет (осите на паметта — store).

Дойде време да разгледаме романтичната легенда за т. нар. от някои първи програмист в света — графиня Лавлейс. Дъщерята на големия английски поет лорд Джордж Байрън — Огаста Ада (1815-1852) получава отлично образование, в което по настояване на майка ѝ се обръща особено внимание на математиката, като един от нейните учители е самият Де Морган. Младата Ада Байрън се заинтересува от диференчната машина на Бебидж вероятно през 1833, когато се запознава и със самия изобретател.

През 1840 год. Бебидж посещава Италия и в серия от лекции описва двете проектирани от него машини. Един от посетителите на лекциите, италианският инженер Луиджи Менабреа[1] публикува през 1842 год. статия с описание на математическите идеи, стоящи в основата на машините. Графиня Лавлейс превежда тази статия и в разговор с Бебидж му съобщава това. Той я запитва защо не е написала собствена статия по въпрос, с който е така добре запозната и ѝ предлага да добави записки към статията. След това ѝ показва някои схеми, от които тя си избира подходящи и разработва в записките си. Записките на Ада са много подробни и обемът им надвишава над три пъти обема на статията на Менабреа, с чиито превод са издадени през 1843 год. Скоро след това Ада заболява и умира от рак едва на 37 години.

Твърде романтично звучи да наречеш не кой да е, а дъщерята на самия Байрън „първият програмист в света“, но това просто не отговаря на истината. Ако трябва да бъдем точни, първият човек, който описва начин за решаване на математическа задача с помощта на аналитичната машина е Менабреа, който в труда си дава решение на задачата за намиране на неизвестните на система от две уравнения с две неизвестни. Вярно е обаче,

1 Луиджи Менабреа (1809-1896) по-късно (1867 г.) става министър председател на Италия — б. а.

че в записките си Ада описва много по-подробно решаването на други математически задачи, въвежда понятието цикъл (което дефинира като *рекурсивна група команди*), говори за цикъл от втори ред (вложен цикъл) и т. н. Според мен обаче няма съмнение, че единственият човек който може да бъде наречен *първият програмист в света* е човекът, проектирал първата програмируема изчислителна машина — Чарлз Бебидж, защото и Менабреа, и графиня Лавлейс използват негови идеи в своите статии.

Методите за програмиране на машината не са били пълно разработени, което се дължи на факта, че машината така и не е била изработена. Ако тя е съществувала реално и е работела, няма съмнение че именно авторът ѝ би разработил пълно всички програмистки идеи и методи.

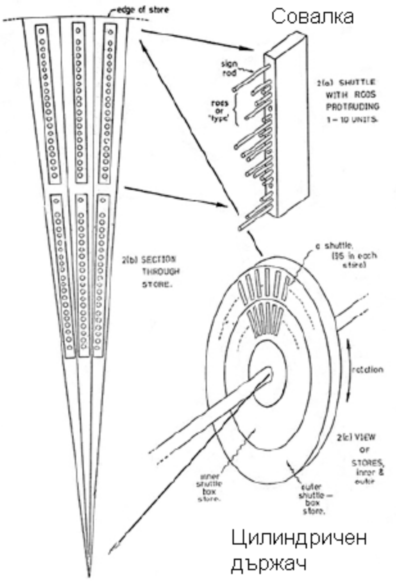
4.4. Пърси Лъдгейт (1909)

Двадесетгодишният ирландски счетоводител от Дъблин Пърси Лъдгейт (1883-1922) (фиг. 17) започва през 1903 год. в свободното си време да проектира универсална изчислителна машина, чиито проект завършва и публикува през 1909 год. Първоначално Лъдгейт е работил напълно самостоятелно, но по-късно се запознава с устройството на аналитичната машина на Бебидж и използва някои от неговите идеи. Лъдгейт счита, че най-интересната част от машината на Бебидж е управлението ѝ чрез жакардовите перфокарти. Именно този апарат го кара да преработи първоначалните си проекти, но за съжаление освен краткото текстово описание от 1909 год., никаква друга информация (да не говорим за чертежи или прототип) не са запазени. Разработката му си остава само на хартия, но притежава някои много интересни решения, които заслужават да бъдат описани.

фиг. 17
Пърси Лъдгейт

Машината на Лъдгейт, подобно на Бебиджовата, може да бъде разделена на три основни части — памет (store), аритметично устройство (arithmetic unit) и управляващо устройство (sequencing mechanism).

В паметта на машината може да се съхраняват 192 двадесетразрядни числа. В механизма за съхранение на данни основен елемент е т. нар. *совалка* (shuttle) Всяка совалка действа като носач на група от 21 плъзгащи се лоста (пръчки), един от които е предназначен за знака, а останалите 20 — за всеки от разрядите на двадесетзнаковото число. Текущата стойност на цифрата, записана чрез лостовете, се определя от положението на лоста в совалката, т. е. каква част от лоста се подава от совалката. Совалките се намират в две коаксиални цилиндрични кутии-държачи. Дадено число може да бъде подадено към аритметичното устройство чрез завъртането на съответната кутия на определен ъгъл. Ако този механизъм е бил добре проектиран и изработен вероятно би бил доста по-съвършен от механизма на Бебидж, който се състои от зъбни колела и предавки. Освен това решението на Лъдгейт има и друго голямо предимство — модулността, защото както казва авторът „совалките са независими от машината, така че нови совалки, представящи нови променливи, могат да бъдат добавени по всяко време“. Тъй като описанието на машината от 1909 год. не съдържа схеми и чертежи, на показаната на фиг. 18 предполагаема схема можете да се запознаете със устройството на паметта, както си я представя един съвременен инженер-механик.



фиг. 18
Устройството на паметта на машината на Лъдгейт

Горе вдясно е дадена една совалка, най-горното лостче е за знака, долните 20 са цифрови. Под совалката е даден цилиндричният държач, в лявата част на фигурата е увеличен сегмент от цилиндъра, на който се вижда, че совалките са подредени в две концентрични дъги, по 40 във всяка дъга.

По конструкцията на аритметичното устройство може най-ясно да се види, че Лъдгейт е работил съвсем независимо от Бебидж. Машината на Лъдгейт, за разлика от тази на Бебидж е директно умножаваща, а не използва сумирания или търсене в таблица за тази цел. Директно умножаващи машини, подобни на разгледаната в глава II машина на Боле-Щайгер, са известни по това време и може би са били познати на Лъдгейт, още повече че в механизма на совалката и множителния конгломерат на тази машина има известна прилика. Това, което е по-интересно е, че за умножението се използва логаритмичен метод, като всички цифри на множимото и една от цифрите на множителя се преобразуват в *индекс* (или логаритъм). След това индексът на цифрата от множителя се сумира с всеки от индексите на цифрите на множимото, като събирането всъщност представлява събиране на страничните позиции на лостовете, след което се прави обратно преобразуване, за да се получи двуцифреното частично произведение. След като се получат всички частични произведения, те се натрупват в *машината* (mill), която всъщност представлява група коаксиални зъбни колела и механизъм за пренос. Лъдгейт дори твърди (макар че не го описва), че е разработил своя собствена версия на Бебиджовия механизъм за *предвиждащ пренос*.

Много интересно е разработено и делението, което вместо да използва последователното изваждане, характерно за другите машини, или пък логаритмична схема, подобна на използваната при умножението, се базира на директен метод, основан на апроксимация на аритметична прогресия. Изчислението на прогресията се управлява от последователност, подобна на това, което днес наричаме *вградена подпрограма*. Управлението в този случай се осъществява от постоянен *делителен цилиндър*, на повърхността на който са нанесени подредени в редове отвори, представляващи командите на вградената подпрограма.

Друг подобен цилиндър представя групата инструкции за логаритмичното преобразуване, като и тук е налице модулност, т. е. могат да бъдат добавяни цилиндри за други операции (други вградени подпрограми).

Управлението на машината се осъществява чрез перфорирана хартиена лента (която Лъдгейт нарича *formula paper*). При нея всеки ред от отвори дефинира пълна инструкция (за разлика от машината на Бебидж с нейните отделно четени *операционни и директивни карти*). Всяка инструкция се състои от код на операцията, два адреса за операндите и един или два адреса за резултата. Лъдгейт казва, че е съгласен с Бебидж за важността на включването на условно изпълнение на операциите в машината, но не посочва как възнамерява да реши проблема, вероятно е имал предвид включването в четящия механизъм на перфокартите управление, позволяващо му в зависимост от от изчисленията да прескача напред или назад редове от отвори. Изключително интересна е и идеята на Лъдгейт в управлението на машината да се включи клавиатура, чрез която освен команди да се правят и перфоленти, позволяващи автоматичното повторение на ръчно задаваните команди.

Машината на Лъдгейт е трябвало да бъде много по-малка и много по-бърза от тази на Бебидж (например умножението на две 20-знакови числа е трябвало да отнема около десет секунди). Въпреки че тази машина си остава само теоретична разработка (както и другата изчислителна машина, върху която работи, представляваща разновидност на диференчна машина), можем само да предполагаме какво би постигнал този скромен ирландски счетоводител, ако не беше починал от пневмония едва на 39-годишна възраст и ако разполагаше поне с малка част от ресурсите на Бебидж.

4.5. Леонардо Торес и Куеведо (1914)

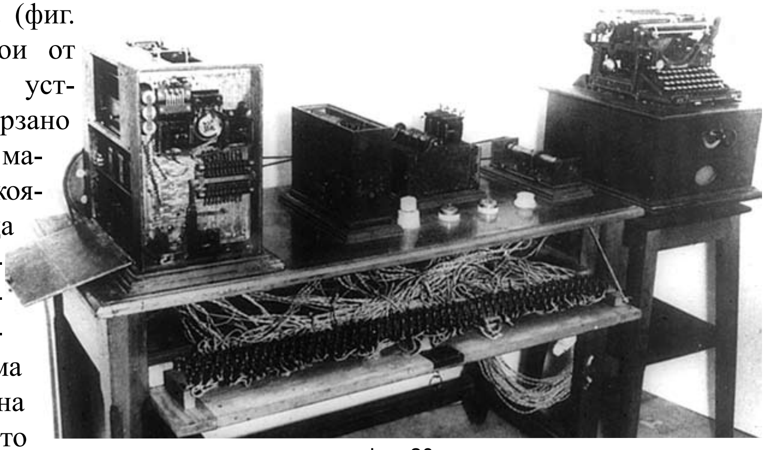
Следващият изобретател, който тръгва по стъпките на Бебидж и работи върху проектирането на аналитична машина е известният испански инженер Леонардо Торес и Куеведо (1852-1936) (фиг. 19). Въпреки, че по образование е граждански инженер, Куеведо посвещава живота си на конструирането на множество автоматични и изчислителни машини и става изключително популярен, особено във Франция и Испания, където е избран за президент на Мадридската Академия на Науките, а след смъртта му на негово име е наречен институт за научни изследвания.

фиг. 19
Леонардо Торес Куеведо

Най-интересното за нас в неговия удивителен живот е написаното през 1914 год. „Есе за автоматиката“, в което той разказва за аналитичната машина на Бебидж като доказателство на своята теза за потенциалната сила на машините и си поставя като задача да конструира подобна голяма и сложна машина чрез множество електро-механични компоненти, които описва в есето си. Някои от тях са предназначени за съхраняване, сравняване и умножаване на числа и с тяхна помощ Куеведо проектира специализирана програмно-управлявана сметачна машина, предназначена за изчисляване стойностите на функцията $a.(y-z)^2$. Работата на машината се управлява от фиксирана (read-only) програма, която има възможност за условно изпълнение на оператори. Програмата е записана в решетка от индуктивни елементи, монтирани около повърхността на въртящ се цилиндър. Електромеханични устройства се използват за запис на десетичните числа, за изпълнението на аритметичните операции посредством вградени функционални таблици и за сравнение на стойности. В този труд на Куеведо за пръв път се споменава и за изчисления посредством числа с плаваща десетична запетая (floating point).

Изобретателят едва ли изобщо е имал намерение да изработи гореописаната машина, но шест години по-късно той създава друга цифрова сметачна машина, с която доказва на практика своята теза, че може да бъде създадена работеща универсална (аналитична) машина от електромеханични компоненти. Машината е демонстрирана с голям успех на една изложба в Париж през 1920 год., където Куеведо изнася и лекция за нея.

Машината (фиг. 20) се състои от аритметично устройство, свързано към пишеща машина, чрез която се въвежда информацията, и се отпечатват резултатите. Има два режима на работа, които се превключват чрез специален селекторен ключ, намиращ се под пишещата машина.



фиг. 20
Електромеханичният аритмометър на Куеведо

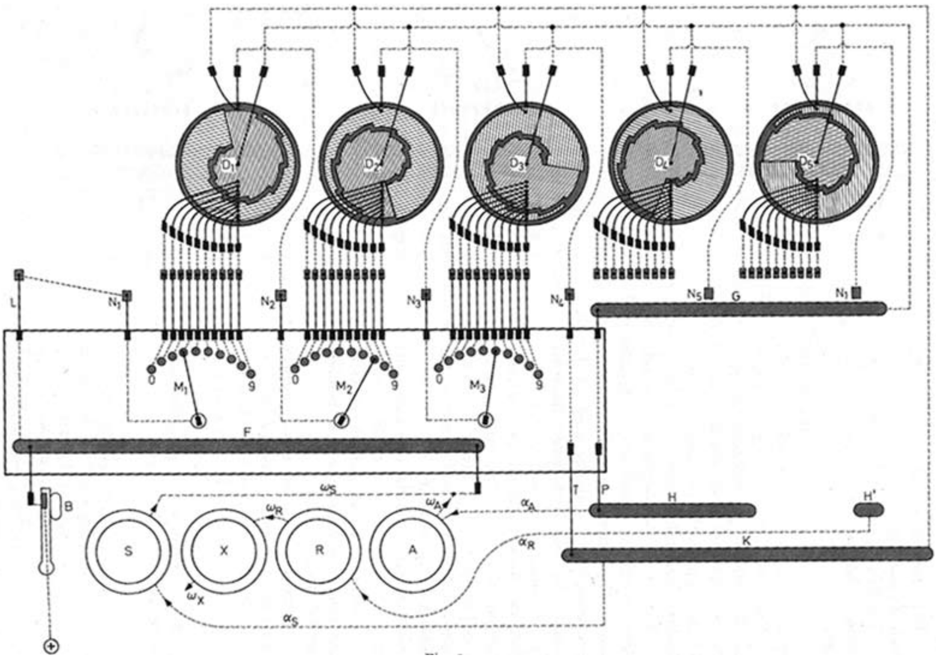
В първия режим машината работи като суматор. Операторът въвежда в една колона петцифрени числа, като след въвеждането на всяко число изчаква завръщането на каретката в начално положение и светването на лампичка. След като се въведе последното число, се натиска клавиша Т и тогава машината разпечатва сумата от всички числа.

Във втория режим машината работи като истински калкулатор. Ако например искаме да умножим 532 по 257, натискаме последователно 5, 3 и 2, след това клавиша за интервал, клавиша за умножение, пак интервал, след което 2, 5 и 7. След това машина разпечатва знак за равно (=) и резултата.

Ето какъв е например принципът на работа на механизма за деление в аритмометъра на Куеведо (фиг. 21):

С помощта на циферблатите D_1, D_2, .., D_5 се нагласят делимото, а чрез M_1, M_2 и M_3 — делителя. И двата вида циферблати са свързани с четки и затварят контакти така, че след натискане на бутона *B* за старт на операцията (затваряне на електрическата верига) започва последователно изваждане на делителя от старшите три разряда (разположени в циферблатите D_1, D_2 и D_3) на делимото, дотогава, докато остатъкът е по-голям от него. При всяко изваждане се подава импулс към един брояч. След като завърши първото изваждане, остатъкът се групира със следващата цифра от делимото и започва ново изваждане, като се подават импулси към друг (по-младши) разряд на брояча. Процесът продължава автоматично, докато в броячите остане частното, а в горните циферблати — остатъка.

Интересът на Куеведо към сметачните машини се дължи по-скоро на интереса му към автоматиката, а не към ускоряване на начините за изчис-



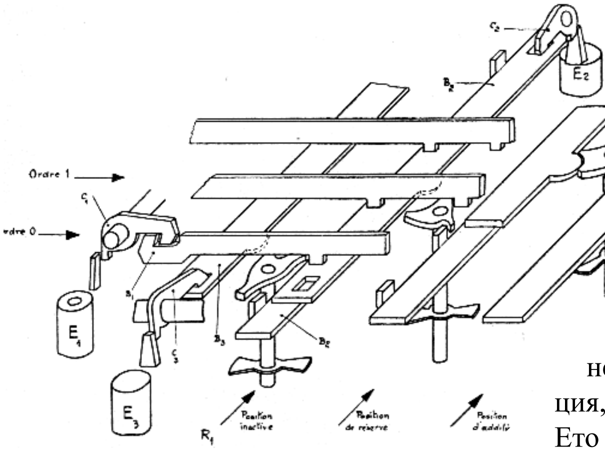
фиг. 21
Принцип на работа на механизма за деление в аритмометъра на Куеведо

ление. Въпреки това няма съмнение, че ако в началото на XX век е имало необходимост от универсална сметачна машина, Куеведо е имал знанията и средствата, за да я изработи в кратки срокове. Както някои други машини, които разглеждахме дотук обаче, и електромеханичният аритмометър е изпреварил твърде много своето време. Когато няколко десетилетия по-късно въпросът отново идва на дневен ред, машините на Куеведо вече са забравени и оказват твърде малко влияние върху бъдещото развитие на компютрите.

4.6. Луи Куфинял (1933)

Следващият учен, който тръгва по стъпките на Бебидж, възнамерявайки да създаде аналитична (универсална изчислителна) машина, е известният френски кибернетик Луи Куфинял (1902-1966). В докторската си дисертация, написана през 1938 год., Куфинял описва един двоичен и един десетичен електромеханични програмно-управляеми калкулатори.

Куфинял възнамерявал да направи своят програмируем калкулатор в сътрудничество с фирмата Logabax, но избухналата Втора Световна Вой-



фиг. 20
Чертеж на двоичната машина на Куфинял

на му попречва да стои това. След войната Куфинял ръководи проект за създаването на електронен компютър на Института „Блез Паскал“ и се утвърждава като един от водещите кибернетици не само във Франция, но и в Европа.

Ето какъв е приципът на действие на двоичната изчислителна машина (фиг. 20), описана в дисертацията му:

Числата в регистрите се задават посредством електромагнити *E*, чиито котви вдигат или свалят куките *S*, като по този начин задават положението на лостовете *B* и представят двоичните цифри. Чрез подобни сравнително прости механични връзки и електромагнити могат да бъдат направени и двоичен суматор, компаратор (сравняващ механизъм), двоично-десетичен преобразувател, умножаващ механизъм и др. Ето какво казва в обобщение на описаните от него механизми Куфинял:

„...ние показахме, че е възможно да се конструира изчислителна машина, която може, без намесата на оператор, да изпълнява последователност от изчисления, да съхранява междинните резултати, да прочита механично функционална таблица и да отпечатва числата, записани в регистрите си.

Връзките между отделните части са електрически, което позволява да се избегнат ограниченията на едно чисто механично устройство, при което всички движения се правят чрез физически контакт...“

Няма съмнение, че ако не е бил възпрепятстван от избухналата война, Куфинял вероятно е щял да изработи електромеханична сметачна машина, базирана на проектираните от него механизми, приблизително по-същото време, по което това прави и Конрад Цузе в Германия, чиито машини ще разгледаме в глава VI.

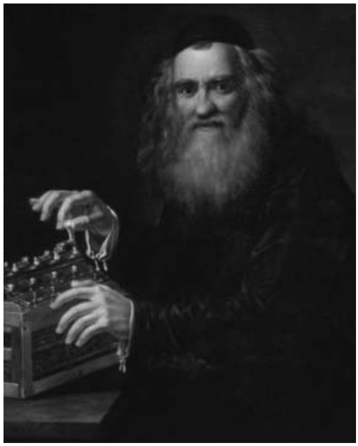
Глава V

Механични сметачни машини (XIX и XX в.)

„Правете всичко колкото се може по-просто,
но не прекалено просто."
Алберт Айнщайн (1879-1955)

5.1. Авраам Щерн (1812) и Хаим Слонимски (1845)

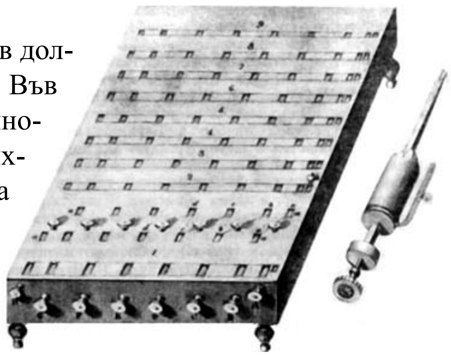
Полският еврейски математик, астроном, механик и поет Авраам Якоб Щерн (1768-1842) (фиг. 1) конструира през 1812 год. сметачна машина — аритмометър, която извършва четирите аритметични действия. През 1817 год. Щерн конструира втора машина, която е била предназначена предимно за извличане на квадратен корен, а по-късно обединява двете машини в една.



фиг. 1
Щерн и неговата машина

Зетят на Щерн—Хаим-Зелик Слонимски (1810-1904) продължава неговото дело и конструира две сметачни машини. Първата, наречена от него *числителна машина* е предназначена за умножение, деление и извличане на корени (фиг. 2) и е базирана не на някакъв изчислителен механизъм, а на формулирана от самия него теорема от теорията на числата.

На основата на тази теорема Слонимски съставил таблица, състояща се от 280 колони, по девет числа във всяка от тях. Тази таблица е нанесена на цилиндрите, които са основен елемент на машината. Цилиндрите с помощта на ръкохватки могат да се преместват в две направления — около оста си и по направление на оста. На оста, на която се намира всеки цилиндър са надянати и два по-малки цилиндъра. На повърхността на първия са нанесени цифрите от 0 до 9, а на повърхността на другия — буквите a, b, c, d и цифрите от 1 до 7.



фиг. 2
Числителната машина на Слонимски

На капака има 11 реда прозорчета, в долния от които се вижда множимото. Във втория и третия ред при задаване на множимото се появяват букви и цифри. Тяхната комбинация служи като ключ за оператора, който определя кой цилиндър колко да се завърти, след което в редовете от четвърти до единадесети се появяват следните числа — в четвъртия ред произведението на множимото по две, в петия — по три и т. н. до единадесетия — по девет. Остава само с лист и молив (ако множителя е многозначен) да се съберат числата е резултатът е готов.

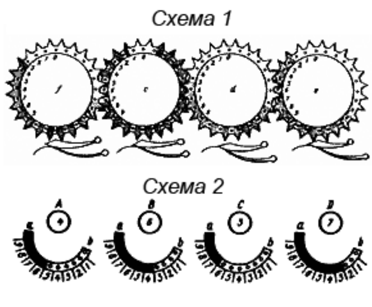
Работата с уреда не е много лесна, така че той не е получил голяма популярност, макар да е бил приет много добре от членовете на Берлинската академия на науките, пред които е демонстриран през 1843 год.

Другата машина на Слонимски е т. нар. *уред за събиране и изваждане*, патентован от него през 1845 год. Механизмът на машината (фиг. 3) се състои от няколко колела с еднакъв диаметър, които имали по 24 зъба. Колелата са надянати на паралелни оси и се въртят с помощта на водещ щифт — за тази цел той се вкарва в един от отворите, разположени по периферията на колелото. Част от тази окръжност е боядисана в черно и във формата на дъга са нанесени цифрите от 1 до 9.

Колелата са изрязани по окръжността до половината от дебелината си, така че частта, върху която са написани цифрите е по-високо от края със зъбите (фиг. 3, схема 1). Следващото колело е обърнато обратно, с изпъкналата страна надолу, така че колелата лежат в една равнина, но зъбите им се разминават, без да се зацепват при въртене.

В горния край на машината има четири полукръгли разреза *ab* (схема 2 на фиг. 3), така че през тях да се виждат отворите в колелата. Под изрезите се намира кръгова скала с цифрите от 1 до 9. Над разрезите има прозорчета (*A-D*), в които при въртенето на колелата се виждат нанесени върху тях цифри.

Числото се въвежда с помощта на щифт поразрядно. Щифтът се вкарва в отвора,



фиг. 3
Схема на суматора на Слонимски
горе — схема 1, броячен механизъм
долу — схема 2, горен капак на уреда

който се намира срещу дадената цифра на скалата под изреза, и се завърта колелото надясно (към челната повърхност *b*), ако отворът е разположен в светлата част на окръжността, и наляво (към челната повърхност *a*), ако е разположен в почернената част. Колелото се върти, докато щифтът не опре в челната повърхност на изреза. Ако сумата от събраните цифри във всеки разряд е по-малка от 9, щифтът винаги попада в някой отвор в светлата част, в противен случай той трябва да се постави в отвора на черната част и при движението си стига до един от зъбите на колелото на старшия разряд и го завърта на една стъпка, т. е. осъществява пренос на десетиците.

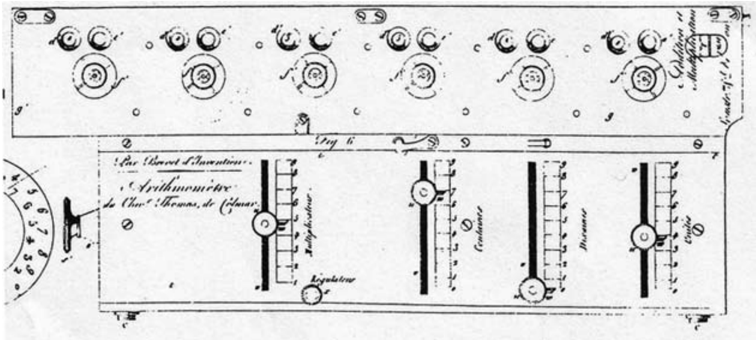
Тъй като цифрите не са последователно изписани върху периферията възниква проблем при прехода от 9 към 0. Затова в такъв случай трябва се поправи показанието на колелото, като се завърти с помощта на щифта.

Както виждате суматорът на Слонимски не се отличава с особени технически достойнства, но тъй като няма автоматичен за механизъм за пренос, поне избягва проблемите на другите машини с това действие.

5.2. Шарл Ксавие Томас де Колмар (1820)

Французинът Томас де Колмар (1785-1870) не само патентова през 1820 год. аритмометър, но и успява да организира неговото производство и продажба, превръщайки по този начин изработката на сметачни машини от чудато хоби в истинска индустрия, нещо за което вероятно са мечтали хора като Блез Паскал и Филип Хан. От 1821 год., когато започва производството, до 1878 год. са произведени около 1500 машини, като последният модел (фиг. 4) струвал 500 франка, значителна за времето си сума, която твърде малко фирми и хора биха дали за подобна машина. Въпреки това Колмар едва ли е забогатял от производството на аритмометъра, тъй като според някой оценки през годините в неговата разработка са били вложени почти 300000 франка, което означава, че производството му е било по-скоро въпрос

фиг. 4
Последният модел на аритмометъра на Колмар



фиг. 5
Схема на един от първите модели (1821 год.) на аритмометъра на Колмар

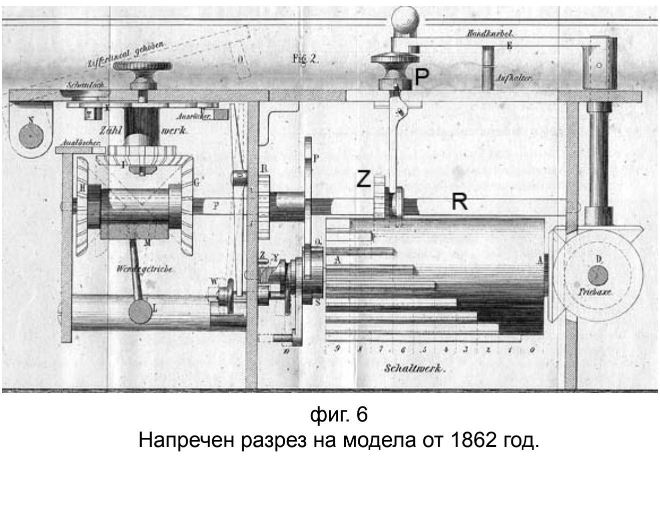
на престиж и реклама за богатият собственик на застрахователна компания, отколкото на някаква сериозна печалба.

След първия патент от 1820 год. машината била непрекъснато усъвършенствана. Основни съставни части на механизма са стъпални цилиндри, познати ни още от машината на Лайбниц. Първият модел (фиг. 5) има три разряда във въвеждащия и шест разряда в резултативния механизъм. Числата се въвеждат с помощта на трите десни плъзгача, а левият плъзгач (който Колмар нарича мултипликатор) се използва при умножение и има деления от 1 до 9 (за разлика от останалите плъзгачи, които са със скала от 0 до 9).

Изчислителният механизъм на машината работи по следния начин:

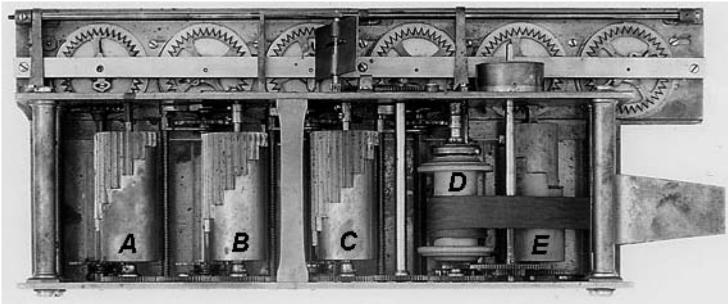
Плъзгачите за въвеждане P (фиг. 6) придвижват прикрепени на оси (R) зъбни колела (Z). При завъртане на механизма (чрез лента, а в по-късните модели — чрез ръчка), някои от зъбите на стъпалните цилиндри се зацепват с тези зъбни колела и ги завъртат на определен ъгъл в зависимост от положението на плъзгача. По този начин към резултативния механизъм се пренасят различните числа.

Трите стъпални цилиндъра *A*, *B* и *C* (фиг. 7) са свързани помежду си и с лентовия цилиндър *D* чрез зъбни колела. Около цилиндъра *D* е прикрепена и омотана копринена лента, краят на която се подава извън кутията и чрез която се привежда в движение изчислителния механизъм. Освен това този цилиндър е закрепен за пру-



фиг. 6
Напречен разрез на модела от 1862 год.

жина, която се натяга при размотаване на лентата и след отпускането на края, автоматично завърта цилиндъра и намотава обратно лентата.

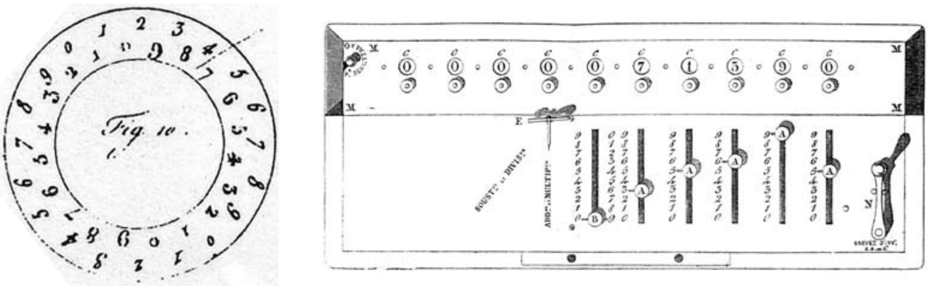


фиг. 7
Вътрешно устройство на първия модел

Десният цилиндър *E* има 9 зъба и е свързан така с мултипликатора и лентовия цилиндър *D*, че ако например мултипликаторът е установен в 3, тогава при задействане на механизма (намотаване на лентата) цилиндърът *D* ще направи точно три оборота и ще пренесе числото от стъпалните цилиндри в резултативния механизъм три пъти, т. е. ще направи умножение по 3 чрез трикратно събиране (след завършване на умножението мултипликаторът автоматично се връща в положение 1). Ако мултипликаторът е в долно положение (на 1), тогава машината ще работи като суматор.

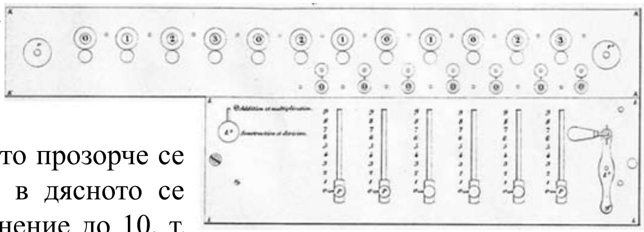
Резултативният механизъм е отделен от изчислителния чрез отделна каретка и може да се придвижва наляво-надясно, улеснявайки по този начин умножението по многозначни числа, което се извършва на няколко стъпки, в зависимост от броя на разрядите на множителя. Първо се умножава множимото по единиците на множителя, после се измества надясно каретката с резултата, добавя се резултата от умножението на десетиците по множимото и т. н. до изчерпване на цифрите на множителя.

На каретката има шест двойки прозорчета, в които се виждат едновременно по две цифри от цифровия диск (фиг. 8, вляво). В лявото прозорче се виждат черни цифри (външната редица от цифри), които се използват при събиране и умножение, а в дясното—червени цифри (вътрешната редица



фиг. 8
Цифров диск (вляво), Вторият модел (1848 год.) на аритмометъра на Колмар (вдясно)

от цифри), които са за изваждане и деление. Цифрите са така изписани върху цифровия диск, че когато в лявото прозорче се вижда дадена цифра, в дясното се вижда нейното допълнение до 10, т. е. използва се принципа *допълване до 10* (защото в този модел изчислителният механизъм се върти само в едната посока). Цифровите дискове могат да се въртят ръчно чрез ръкохватки, така че първото събираемо или умаляемото могат да се въведат директно в прозорчетата и след това да се използват плъзгачите за въвеждане на следващите числа.



фиг. 9
Третият модел (1858 год.) на аритмометъра

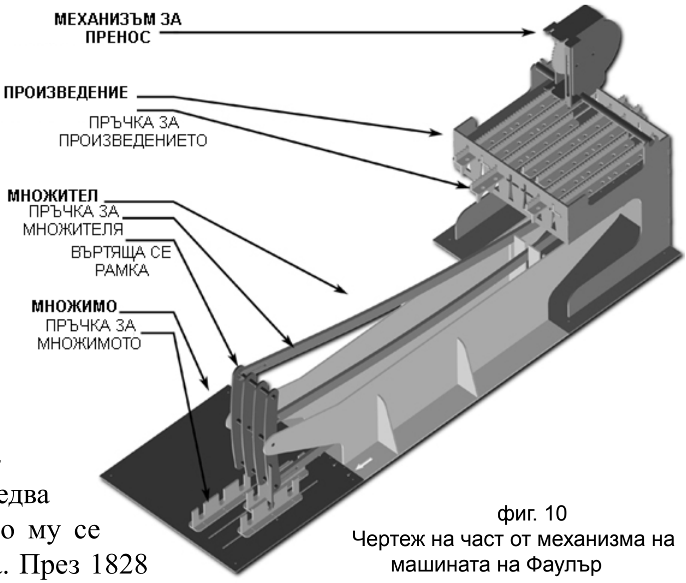
Делението се извършва чрез последователно изваждане на делителя от делимото, като при необходимост се разделя делимото на няколко части и се придвижва каретката наляво, докато се изчерпят всички цифри.

През 1848 год. конструкцията на машината е основно преработена (фиг. 8, вдясно). Сложният и ненадежден механизъм за задвижване с помощта на лента е заменен с ръчка (в долната дясна част на капака), която се завърта толкова пъти (вече и в двете посоки), колкото е стойността на съответния разряд на множителя (делителя). Вторият модел има пет плъзгача във въвеждащия механизъм, а мултипликаторът (шестият и най-ляв плъзгач) показва броя на оборотите на ръчката. Разрядите на резултативния механизъм са увеличени до 10. Всеки разряд се отчита вече само в едно прозорче, тъй като преминаването от събиране-умножение към изваждане-деление става чрез лостчето вляво от мултипликатора (това лостче променя посоката на преноса от изчислителния към резултативния механизъм).

Следващото важно усъвършенстване е в модела от 1858 год. (фиг. 9), в който е въведен втори броячен механизъм. Този механизъм обаче, за разлика от основния, няма пренос на десетиците и работи като брояч на оборотите на стъпалните цилиндри, улеснявайки по този начин умножението и делението. Вече има и механизъм за нулиране на показанията на резултативния механизъм, както и такъв за нулиране на оборотомера, което е значително улеснение спрямо предишните модели, където показанията се нулираха разряд по разряд чрез въртене на цифровите дискове.

Последното важно усъвършенстване е в модела от 1878 год. — плъзгачите са снабдени с малки пружинки, които ги застопоряват след въвеждане на числото, правейки невъзможно неволното им преместване при въртене на ръчката. Усъвършенстван е и механизмът за пренос на десетиците, увеличени са разрядите на въвеждащия и резултативния механизъм.

5.3. Томас Фаулър (1840)



фиг. 10
Чертеж на част от механизма на машината на Фаулър

Произхождащият от бедно семейство англичанин Томас Фаулър (1777-1843) получава само елементарно образование и е принуден едва тринадесетгодишен да започне работа като продавач на кожи. Самообразовайки се, младият Томас напредва бързо, като особено му се удава математиката. През 1828 год. Фаулър патентова термосифона, изобретение, което стои в основата на съвременните системи за парно отопление. През тридесетте години на XVIII век синът на бедния бъчвар Хю Фаулър вече е управител и съдружник в единствената банка в родния си град — Торингтън, като едновременно с това е ковчежник на местния Poor Law Union (организация, събираща средства за подпомагане на бедните). За да улесни уморителните изчисления, принуден да прави, Фулър съставя и през 1838 год. публикува таблици, улесняващи пресмятанията чрез разлагане на числата в степените на двойката и тройката (двоична и троична аритметика). Вероятно по това време започва да работи върху сметачна машина, която през 1840 год. е представена пред членовете на лондонското Кралско Общество, между които са Чарлз Бебидж и Огастъс де Морган, които се изказват ласкаво за устройството. Именно по краткото описание на Морган е направено копието на част от механизма (фиг. 10).

Фаулър изработва собственоръчно машината от дърво, поради което размерите ѝ са внушителни (180/90/30 см). Действието ѝ е основано на третичната бройна система. Изчислителният механизъм е базиран на матрица от въртящи се рамена и пръчки с прорези. Предназначена е за умножение и деление. Тъй като Фаулър не оставя чертежи и описание на механизма (вероятно поради горчивия си опит от патентования си термосифон, който е копиран многократно), а прототипът е изгубен, машината остава неизвестна и не оказва влияние върху развитието на изчислителната техника.

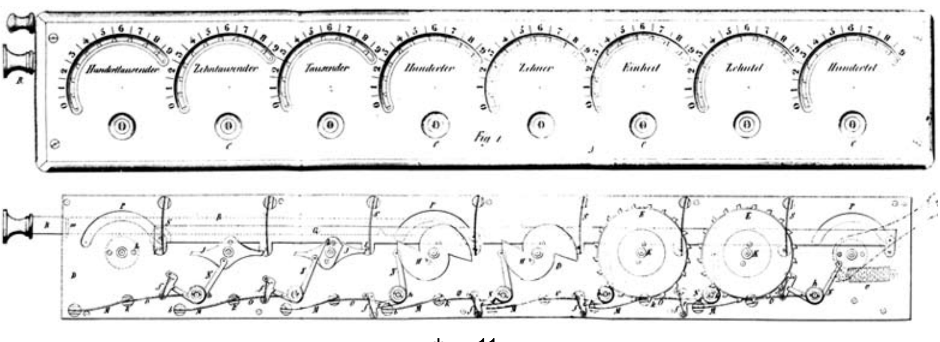
5.4. Давид (Дидие) Рот (1844)

Около средата на XIX век множество изобретатели проектират и даже патентоват сметачни устройства, които обаче не са изработени и за които няма почти никаква информация. Това са Дж. Тайрър (1830 г.), С. Даунинг (1833 г.), Д. Колер (1835 г.), Дж. Холънд (1835 г.), Барнет (1842 г.), Марстън (1842 г.) т. н. През 1843 год. англичанинът Дейвид Уъртхаймбър патентова сметачна машина с механизъм, изработен на базата на колела с променлив брой зъби, но не е известно дали е изработил работещ екземпляр.

През 1841 год. унгарският евреин и емигрант във Франция д-р Давид (Дидие) Рот създава суматор, подобен на Паскалина, който получава медал от Френската национална изложба през 1844 год., няколко броя от устройството по-късно са продадени. На фиг. 11 е показан предният панел (в горната част) и механизма под панела (в долната част на фигурата).

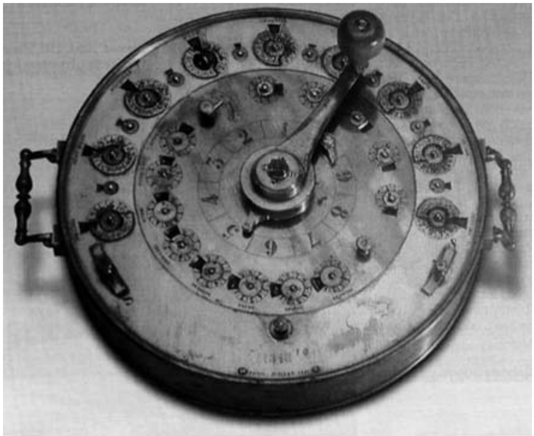
Машината е осемразрядна, а въвеждането на числата става чрез специално перо. Колелата са с по 20 зъба, върху тях са изписани двукратно по периферията цифрите от 0 до 9. Числото се въвежда като се вкара перото в отвора до цифрата, която трябва да се въведе и се завърти наляво колелото до упор, при което в прозорчето долу се появява необходимата цифра. Механизмът на пренос обаче се различава от този на Паскалина и е последователен и постепенен, което означава, че ако имаме пренос през няколко разряда, преносът за всеки от тях започва едва когато преносът към предишния е завършил. Това намалява силата (но пък увеличава времето) за пренос, което е особено важно поради механизма за нулиране. Нулирането става чрез издърпването на ръкохватката в лявата част, при което всички колела се установяват така, че да показват 9, след което се добавя единица към най-младшия (десния) разряд, което нулира всички колела.

По-късно към цифрите, изписани върху колелата се добавят още един комплект цифри, изписани в червено, така че машината да може да се из-



фиг. 11

Схема на суматора на д-р Давид (Дидие) Рот



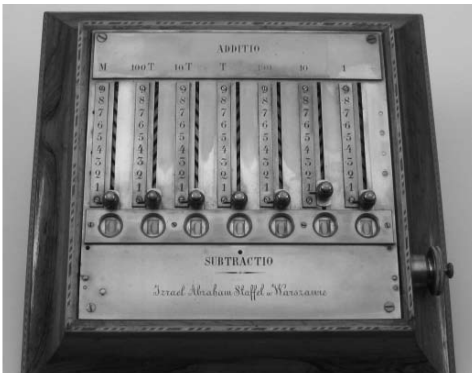
фиг. 12
Втората машина на д-р Рот

ползва и за директно изваждане.

През 1848 год. д-р Рот създава и втора машина (фиг. 12), която външно прилича много на устройството на Хан и чиито механизъм се базира на колела с променлив брой зъби (не е известно дали Рот е бил запознат с механизмите на Лайбниц, Полени и Уъртхаймбър или е преоткрил принципа). Въвеждането на числата става чрез външните циферблати, които освобождават съответния брой зъби. Когато се завърти ръчката, именно тези зъби се зацепват с механизма и извършват събирането, като резултатът се чете в прозорчетата на вътрешния циферблат (около ръчката).

Както сумиращата, така и умножаващата машина на Рот, въпреки че са станали известни и са запазени до наши дни, не са оказали съществено влияние върху развитието на изчислителните машини.

5.5. Авраам Израел Стафел (1845)

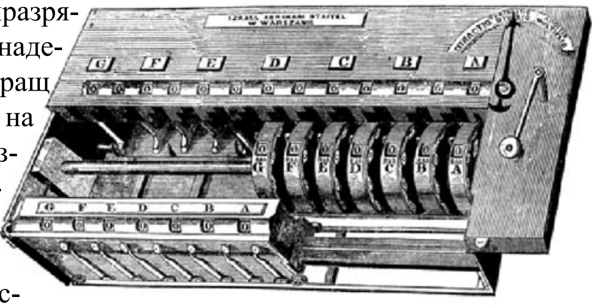


фиг. 13
Суматорът на Стафел

След Щерн и Слонимски, с които започнахме тази глава, още един полски евреин — Авраам Израел Стафел оставя своята диря в историята на сметачните машини.

През 1845 год. бедният варшавски часовникар Стафел показва две изчислителни устройства, които успява да изработи след десетгодишен труд в свободното си време, изразходвайки всичките си средства. Едното от тях е сравнително прост суматор с плъзгачи (фиг. 13), а другото е много сполучлив универсален калкулатор (фиг. 14), която печели два медала от изложбите във Варшава (1845) и Лондон (1851 г.).

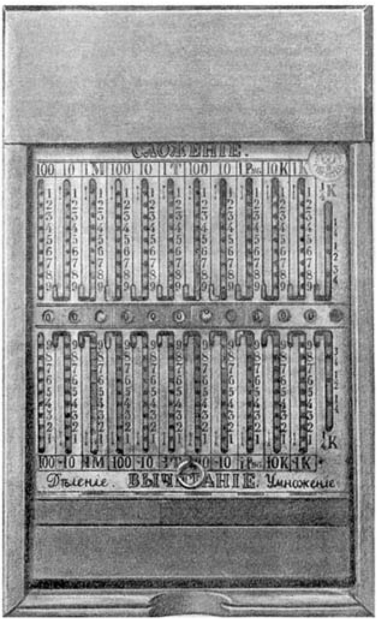
Машината има седемразряден изчислителен и тринадесетразряден визуализиращ механизъм. Въвеждането на числата става чрез плъзгачи, под които се намират прозорчета, където се виждат цифрите от цифровите дискове. Освен за основните аритметични действия — събиране, изваждане, умножение и деление машината е можела да се използва и за извличане на квадратен корен.



фиг. 14
Сметачната машина на Стафел

Стафел очевидно е бил превъзходен механик, защото конструкцията на машината е проста, лесна за изработка и много надеждна. По-късно машината е представена пред Руската академия на науките и получава специална премия, а към края на живота си изобретателят изпраща един екземпляр от нея в Петербург, който е запазен до наши дни.

5.6. Кумер (1846)



фиг. 15
Суматорът на Кумер

Петербургският учител по музика Кумер изработва през 1846 год. суматор (фиг. 15) който се отличава с проста, надеждна и лесна за работа конструкция. Този суматор и различни негови модификации са произвеждани чак до 70-те години на XX век.

Основният принцип на действие Кумер взаимства от уреда на Слонимски, но опростява механизма и улеснява работата с числата. Освен това суматорът на Кумер е с много по-малки размери.

Числата се въвеждат посредством плъзгачи. Преносът се осъществява чрез специални зъби на всеки плъзгач, които се зацепват със зъб на плъзгача по-старшия разряд.

5.7. Морел и Жайе (1849)

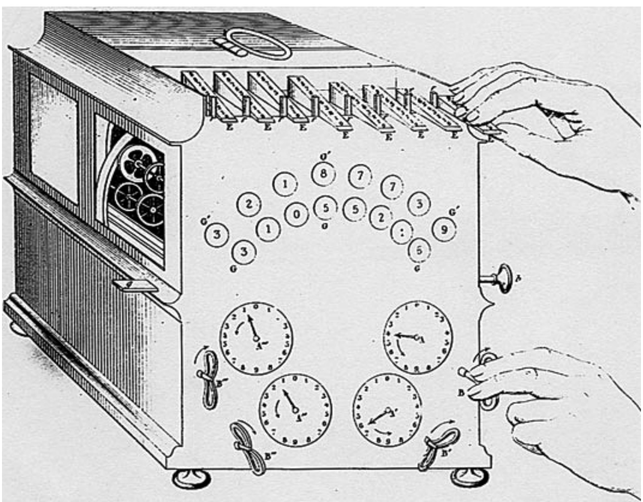
През 1841 год. французинът Т. Морел конструира аритмометър (фиг. 16), наречен Аритморел (по името на изобретателя си), който е изработен през 1849 год. от приятеля му Жайе. През същата година машината печели златен медал на Френската национална изложба.

Механизмът ѝ е базиран на стъпалните цилиндри на Лайбниц, но е прекалено сложен и деликатен, поради което машината е била много скъпа, а това е и основната пречка за слабото ѝ разпространение. Произведени са едва около 30 броя (изработени ръчно от един часовникар), повечето от които са умножавали осемразрядни по четириразрядни числа (като показаната на фигурата машина).

Аритморелът е предназначен за умножение и деление, но може да се използва и за събиране и изваждане.

При умножение множимото се въвежда чрез издърпване на осемте ръчки, намиращи се в горната част, чрез които се изместват стъпалните цилиндри във вътрешността. Множителят се въвежда с помощта на четирите ръкохватки, намиращ се в долната част. Всяка ръкохватка е свързана с най-близкия до нея циферблат, така че той показва каква цифра е въведена. На циферблатите са изписани цифрите от 0 до 9 както в лявата, така и в дясната им половина, като едната половина се използва при деление, а другата — при умножение. Най-дясната ръкохватка е за единиците, втората отдясно — за десетиците и т. н. до хилядите. Веднага щом завъртим някоя ръкохватка, в долния ред (от двата реда по осем прозорчета) можем да прочетем резултата от умножението. Горният ред прозорчета е за междинно съхранение на резултата при умножение на повече от две числа.

По подобен начин се извършва и делението, само че ръкохватките се въртят в обратна посока на умножението.



фиг. 16
Аритморелът на Морел и Жайе

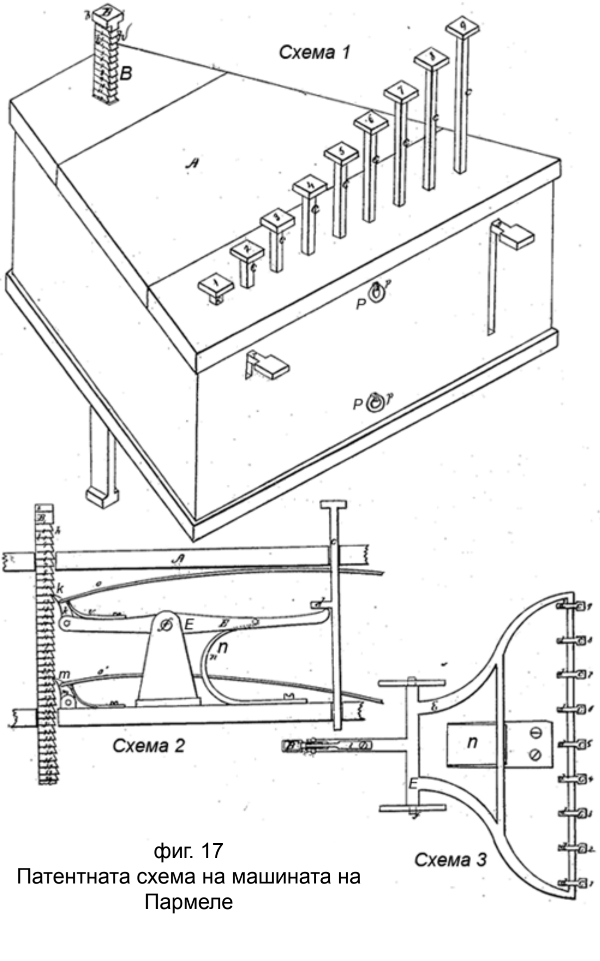
5.8. Дю Боа Пармеле (1850)

Първата в света клавишна сумираща машина е описана в патент на САЩ от 1850 год., издаден на името на Дю Боа Д. Пармеле. Машината (фиг. 17) (ако може да се нарече така) е доста примитивна и не би заслужавала нашето внимание, ако не беше първата по рода си.

Предназначена е за събиране на едноцифрени числа, които се въвеждат с помощта на девет клавиша, движението от които се предава към пръчката *B* в задната част. Тази пръчка има в предната си част зъби, които се зацепват с двата езика *m* и *k* (схема 2 от фиг. 14), а отстрани е разграфена и номерирана, така че на всеки зъб съответства едно деление. При натискане на бутон лостчето *E* повдига езика *k* точно на толкова деления, колкото е цифрата, изписана на бутона (долното езиче *m* има фиксираща функция). След това лостчето се връща в начално положение чрез пружината *n*. Когато завърши въвеждането на числата (или пък пръчката се вдигне до най-горно положение), операторът отчита показанието по числото отстрани на пръчката, след което издърпва с двете въженца *p* двете езичета и пръчката пада надолу в нулево положение.

В описанието на уреда Пармеле казва, че клавишите могат да бъдат изнесени отпред на кутията (на схемата така са изведени клавиши за цифрите 1 и 9), както и че може да се промени начина на визуализация, като се включат към механизма зъбни колела и рейки.

Обект на самия патент и заслуга на откривателя е само начина на въвеждане на числата



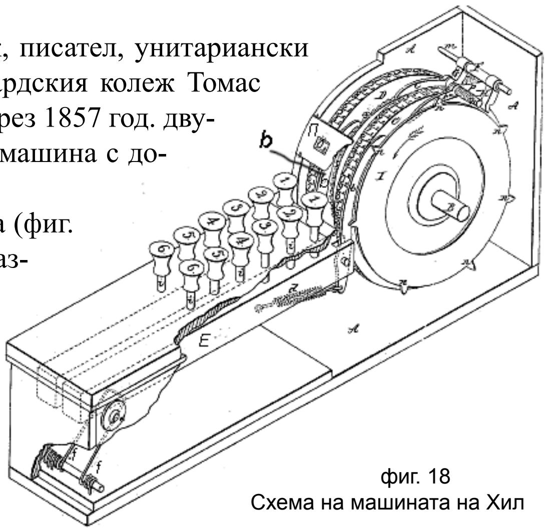
фиг. 17
Патентната схема на машината на Пармеле

чрез бутони.

След Пармеле множество други изобретатели патентоват подобни прости сумиращи устройства — англичанинът Шилт (1851 г.), шведът Арцбергер (1866 г.), французинът Шапин (1870 г.), американецът Робджон (1872 г.) и др., но те не получават разпространение поради ограничената полза от тях, положението се променя едва след появата на усъвършенстваните едноколонни (с един набор от клавиши с цифрите от 0 до 9) и многоколонни клавишни машини.

5.9. Томас Хил (1857)

Американският математик, писател, унитариански пастор и президент на Харвардския колеж Томас Хил (1818-1891) изобретява през 1857 год. двуразрядна клавишна сметачна машина с доста интересна конструкция.



фиг. 18
Схема на машината на Хил

Във всеки разряд машината (фиг. 18) има по девет вертикално разположени клавиша (на фигурата са означени само шест от тях) и едно острозъбо спирачно колело. Шестдесетте и три зъба на това колело са последователно разделени на седем групи по девет, а зъбите на всяка група — номерирани по периферията с големи и малки цифри от 1 до 9. Големите цифри се разполагат по реда на нарастването по посока на движение на колелата, а малките — в обратен ред и били необходими при изваждане. Цифрите се наблюдават в прозорчето *П*, направено на корпуса на машината.

Със зъбите на спирачното колело се намира в постоянно зацепване снабдената с пружинка запънка *b*, която свободно се върти на ос, разположена в свободния край на лоста *E*. На свой ред този лост се върти около ос, закрепена в предната част на корпуса на машината и се удържа в горното, начално положение на пружините *f*. Над него се разполага ред от клавиши, шините на които преминават през горния капак в машината и се допират до лоста. При натискане на клавиш лостът се завърта и запънката *b* увлича след себе си спирачното колело, което след отпускането на клавиша се задържа в новото положение от друга запънка *R*, намираща се в горната част на машината. Ъгълът на завъртане на лоста се определя от „цената“ на натиснатия клавиш.

Конструкцията на машината очевидно не е била много добре проектирана или изработена, защото при пресмятане доста често се допускали грешки. Въпреки това обаче тя станала доста известна и дори е била изложена в Националния музей във Вашингтон.

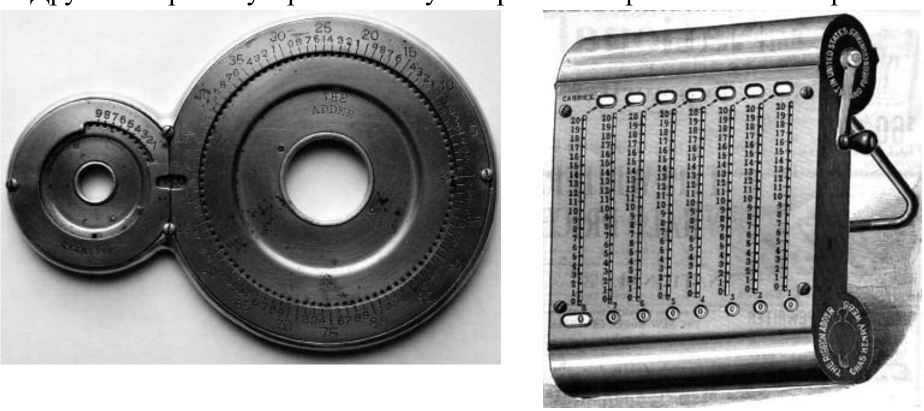
5.10. Чарлз Хенри Уеб (1868) и останалите

През втората половина на XIX и началото на XX век главно в САЩ и Англия стават доста популярни прости изчислителни устройства, предназначени за събиране и изваждане на числа, които заслужават нашето внимание, макар и накратко.

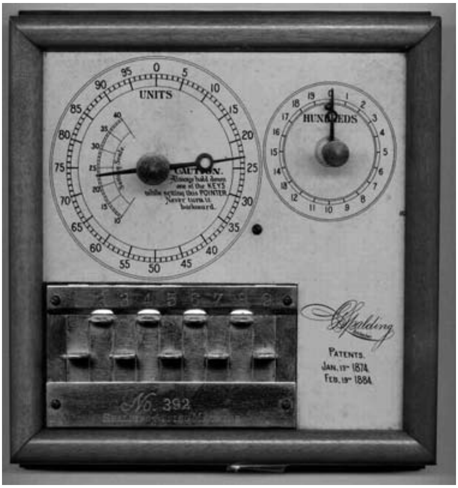
Няколко такива устройства е изобретил американският журналист, писател и изобретател Чарлз Хенри Уеб (1834-1905) от Ню Йорк. Първото от тях, патентовано през 1868, а по-късно усъвършенствано в патента от 1889 год. (фиг. 19, вляво) се състои от две съседни, зацепени едно за друго колела. По-голямото е с деления от 1 до 99 и е предназначено за единиците, а по-малкото — за стотиците. Преносът към колелото на стотиците става чрез лостче, което се задвижва от голямото и се зацепва със зъбите на малкото колело.

По-късно (през 1891 г.) Уеб патентова друг суматор (т. нар. *гумен суматор* (фиг. 19, вдясно), който е доста по-функционален и по-удобен за работа.

Друго интересно устройство е суматорът на американският изобретател



фиг. 19
Суматорите на Уеб (вляво—моделът от 1889, вдясно—моделът от 1891 год.)



фиг. 20
Суматорът на Спалдинг

Сайръс Спалдинг (фиг. 20).

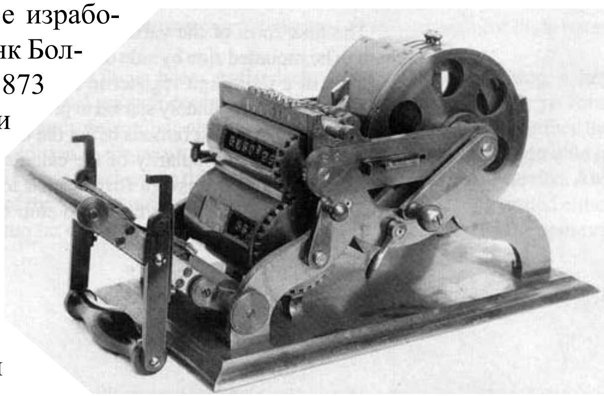
Патентовано е за пръв път през 1874, произвежда се през 80-те години на XIX век. Числата се въвеждат чрез плъзгачите в долната лява част на устройството. Голямата кръгла скала е за единиците и има деления от 1 до 100, по-малката скала вдясно е за стотиците.

Устройства като тези на Уеб и Спалдинг дължат своята популярност преди всичко на разумната си цена (първият модел на Уеб се е продавал за около 6–10, а вторият — за около 15 долара), както и на надеждната си конструкция. Подобни устройства патентоват и по-късно произвеждат американците Нистром (1851 г.), Хетфийлд (1854 г.), Фулър (1863 г.), Грьосбек (1870 г.) и Стивънсън (1873 г.), италианецът Музина (1867 г.), французинът Ташилем (1876 г.) и много др.

5.11. Франк Болдуин (1873)

През 70-те години на XIX век почти едновременно са изобретени две сметачни машини, базирани на познатите още от времето на Лайбниц и Полени колела с променлив брой зъби.

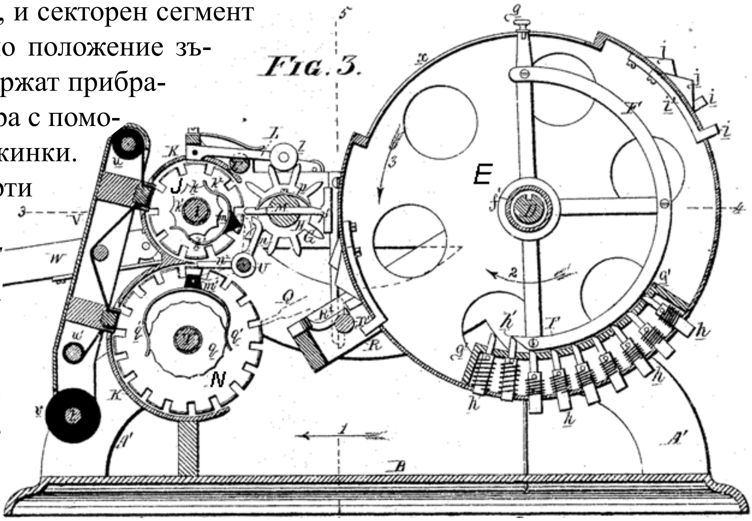
Първата тях (фиг. 21) е изработена от американеца Франк Болдуин (1838-1925) през 1873 год., когато е подадено и заявление за патент, получен през 1875 год.



фиг. 21
Първата машина на Болдуин от 1873 год.

Основният механизъм на машината (фиг. 22) може да бъде разделен на три части:

1. Броячните цилиндри *E*, които се състоят от основен цилиндър, в който са поста-

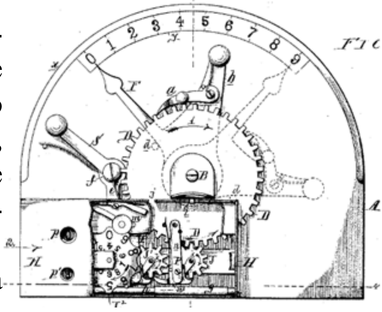


фиг. 22
Страничен разрез на машината на Болдуин

вени зъбите *h*, и секторен сегмент *F*. В нормално положение зъбите се поддържат прибрани в цилиндъра с помощта на пружинки. Ако се завърти обаче секторния сегмент *F* с помощта на ръчката *g*, тогава определен брой зъби се изтласкват навън, като броя на тези зъби зависи от ъгъла на завъртане на сегмента. По този начин се въвеждат числата в броячния механизъм. Механизмът с броячните цилиндри е отделен от останалите механизми и може да се придвижва с помощта на плъзгач наляво и надясно (за разлика от машината на Однер, която ще разгледаме по-подробно след малко, при която се мести не броячният, а регистриращият механизъм). Това действие е необходимо при умножение и деление. Аритметичните операции се също извършват по начин, почти идентичен с този при машината на Однер.

2. След като бъде въведено числото, се завърта на един оборот главната ръчка и деветзъбите регистриращи цилиндри *J* се завъртат на толкова стъпки, колкото са издадените зъби на съответния броячен цилиндър.

3. Другата група регистриращи цилиндри *N* е свързана така с механизма, че служи като оборотомер на съответния броячен цилиндър, което е необходимо при умножение и деление.



фиг. 23
Суматорът на Болдуин (1874 год.)

В патента си Болдуин предлага и печатащо устройство към машината (макар че не описва подробно устройството му), като споменава, че вместо да показва резултатите, механизмът може да се преработи така, че числата да се перфорират на хартия (т. е. изходът да е на перфокарти).

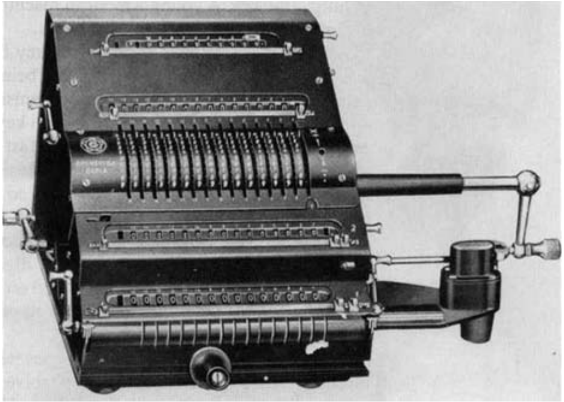
През своя дълъг живот Болдуин получава патенти за различни видове сметачни машини. През 1874 год. той патентова проста сумираща машина (фиг. 23). През 1900 и 1902 год. получава нови патенти за усъвършенствани машини, през 1905 изработва сметачна машина с клавиши, а през 1908 пуска в производство машина с печатащ механизъм. Удовлетворение и пазарен успех обаче Болдуин успява да постигне едва към края на живота си (1911 год.), когато използвайки подкрепата на бизнесмена Джей Мънро, разработва и пуска в производство компактната клавишна сметачна машина Monroe, която ще разгледаме по-късно.

5.12. Вилгод Однер (1874)

фиг. 24
Първият модел на машината на Однер

В едно свое интервю Болдуин твърди, че една неговите машини е попаднала в Европа в ръцете на Однер и че именно от нея шведът е взаимствал идеята за своята машина. Известно е обаче, че Однер започва изработката на първата си машина през 1874 год., освен това въпреки принципната си прилика (базирани са на колела с променлив брой зъби, разположението на основните механизми е еднакво, ръчката вдясно, въртяща се в двете посоки и т. н.) в конструкцията на машините има и доста разлики, така че твърдението на Болдуин едва ли е истина. Ако Однер е бил запознат и е ползвал идеи от машините на някой предишни изобретатели (нещо, което той не казва), това са по-скоро Давид Рот, Уъртхаймбър или Стафел, а не Болдуин.

След като се преселва в С. Петербург през 1869 год., младият шведски механик Вилгод Однер (1846-1905) започва работа в машиностроителния завод на известната фамилия Нобел, а по-късно в Службата за ценни книжа на Русия. Според една от версиите, през 1871 год., ремонтирайки повредена сметачна машина на Томас Колмар, Однер решава да създаде по-прост и съвършен калкулатор. Изработката на прототипа започва през 1874 год., а първият модел (фиг. 24) е готов на следващата година. Тъй като не разполага с необходимия капитал за производство, Однер се договаря с Нобел за производството, но по-късно индустриалецът се отказва и изобретателят е принуден да продаде правата за производство на фирмата за шевни машини Grimme, Natalis & Co., която едва през 1892 год. пуска на пазара с голям успех произведените от нея машини (фиг. 25) под името Brunsviga (до 1912 год. са продадени над 20000 машини), а производството



фиг. 25
Сметачна машина Брунсвига (модел Дупла)

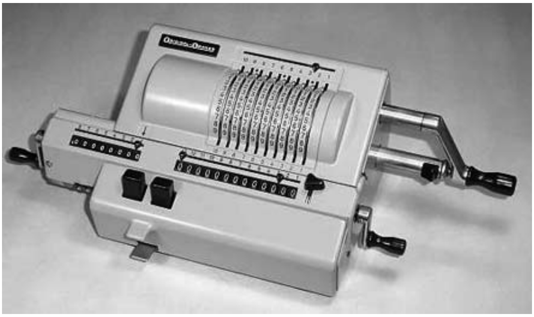
продължава чак до 1958 год.

През 1890 год. Однер намира инвеститор и построява специална фабрика за производството на своята машина, която за да се различава от популярните вече в цяла Европа клонинги, нарича Original Odhner. През 1896 год. вече са произведени над 5000 броя, а машината печели награди на много изложби. Производството на машини тип Однер в различни държави и под различни имена продължава чак до 70-те години на XX век (фиг. 26). Това нейно дълголетие се дължи на простата ѝ конструкция, надеждността и разумната ѝ цена.

Какъв е принципът на действие на колелото с променлив брой зъби (наричано често поне в Европа *колело на Однер*)?

Механизмът (фиг. 27) се състои от два диска: основен (Однер го нарича *броячно колело*), в който са издълбани девет канала, в които са поставени палците *d* с издатини. Върху основния диск е поставен тънък диск (наречен *установъчно колело*) с издълбан жлеб *L*, в който влизат издатините на палците от основния диск. Установъчният диск се върти с помощта на ръчка и тъй като жлебът е в във формата на две дъги с различни радиуси, когато издатината влиза в долната, тогава палецът е в долно положение и не се подава извън периферията на основния диск, а когато издатината влезе в дъгата с по-голям радиус, тогава съответния палец е в горно положение и се подава извън периферията на основния диск. Т.е. ако искаме например да въведем числото 5 завъртаме установъчния диск така, че навън да се подават 5 палеца от броячния.

След като бъдат нагласени всички цифри се завърта главната ръчка (на фиг. 19 и 20 голямата ръчка вдясно), всички дискове се завъртат на един оборот и в зависимост от броя на издадените навън палци на съответния броячен диск регистриращия диск *E*, свързан с десетзъбо колело, се зацепва с палците и се завърта на определен ъгъл. При това въртене броячният и установъчният диск се въртят заедно, така че въведеното число се запазва. По-новите модели имат ръчки за нулиране на установъчния и регистриращия механизми. Зъбите *I* на схемата са част от механизма за пренос на десетиците. Цилиндричните бутони *P*, които се виждат в предната долна част на корпуса, са свързани с механизма така, че служат като оборотомери на завъртанията на съответните броячни и установъчни колела. Механизмът с регистриращите колела е монтиран като отделен блок и може чрез специален плъзгач да се придвижва наляво или надясно спрямо механизма с броячните и установъчните колела, което е необходимо при умножение и деление.



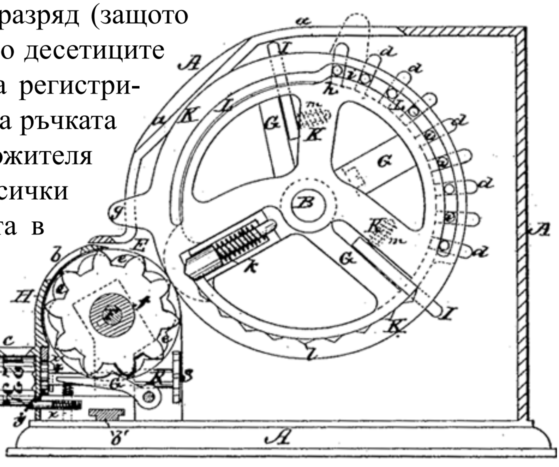
фиг. 26
Машината на Однер (модел, произведен в Швеция в началото на 70-те години на XX век

Събирането се извършва, като се въвеждат последователно събираемите с ръчките на установъчните колела, като въведеното число се чете в горната редица прозорчета и със завъртане на главната ръчка се пренасят надолу към записващите дискове, а резултатът се чете в долната редица прозорчета.

Изваждането се извършва по подобен на събирането начин, само че след като се пренесе умаляемото към регистриращите дискове и се въведе умалителя в установъчните, ръчката се завърта в посока, обратна на тази при събиране.

Умножението се прави чрез последователно събиране. Въвежда се по-голямото множимо с установъчните колела, след което се завърта ръчката толкова пъти, колкото са единиците на другия множител. След това се придвижва надясно един разряд (защото вече трябва да умножаваме по десетиците на множителя) чрез плъзгача регистриращия механизъм и се завърта ръчката колкото са десетиците на множителя и т. н., докато се изчерпят всички цифри и се получи резултата в долните прозорчета.

Делението се прави чрез последователно изваждане. Нека разгледаме примера, даден в патента на Однер — 285582/8654=33. Въвеждаме делимото и го пренасяме чрез завърта-



фиг. 27
Разрез на машината на Однер

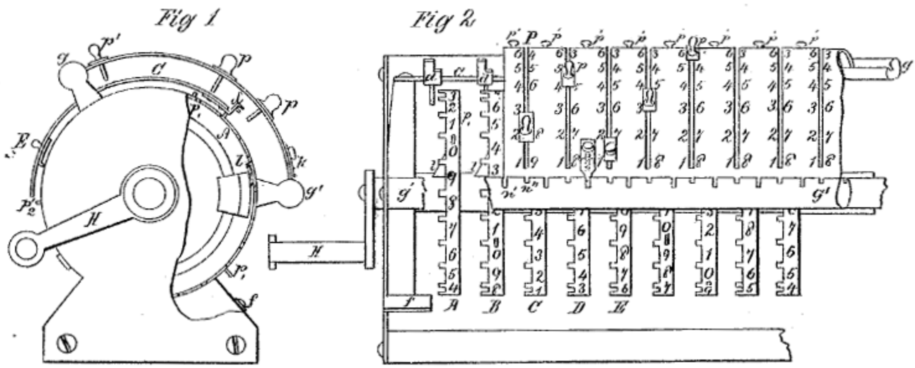
не на ръчката в регистриращия механизъм (долните прозорчета). След това въвеждаме делителя (8654) и преместваме чрез плъзгача делимото (285582) един разряд надясно (така че 8 от делителя да застане над 8 от делимото). След това въртим главната ръчка в посока изваждане, докато остатъкът в делимото стане по-малък от делителя (тъй като в случая вадим 86540 от 285582, това ще стане след третото завъртане). След като направим трите оборота в долните прозорчета ще прочетем остатъка 25962 (285582–3.86540), а цифрата три ще се появи във втория (за десетиците) цилиндричен бутон. След това връщаме чрез плъзгача каретката с регистриращия механизъм един разряд наляво и завъртаме ръчката в посока изваждане, докато остатъкът в делимото стане по-малък от делителя. Тъй като в случая делимото се дели без остатък на делителя след третия оборот в регистриращия механизъм ще се получи 0 (в общия случай в долните прозорчета ще остане някакъв остатък), а цилиндричния бутон на единиците ще показва 3, което прочетено заедно с тройката в левия бутон ще даде частното — 33.

Предимството на конструкциите на Однер и Болдуин е, че дисковете са тънки и когато се монтират един до друг се получава много компактна машина (в сравнение с машините, базирани на стъпални цилиндри). Тези машини обаче са подходящи повече за научни изчисления (свързани с умножение и деление на дълги числа), но не и за финансови или статистически, при които е необходимо бързо да се въвеждат големи серии от числа, при които са по-удобни клавишните машини.

5.13. Джордж Грант (1876)

Освен показаната в предишната глава диференчна машина, на изложбата във Филаделфия през 1876 год. американският изобретател Джордж Грант (1849-1917) от Лексингтън, Масачузетс, демонстрира и машина за умножение и деление. Първият патент за машината е от 1872 год., а през 1873 е издаден втори (фиг. 28), в който устройството е усъвършенствано.

Числата се въвеждат през отворите на капака *P*, който е монтиран на плъзгачите *g* и *g’*. Резултатите се отчитат от цифровите колела (приличащи на зъбни рейки), намиращи се под капака. Събирането на числата става чрез движещата се каретка *C*, която се завърта посредством ръчката *H*. На капака са изрязани прорези (или дупки, както е на първия патент), в които се вкарват щифтовете *p*. Прорезите (дупките) са градуирани с цифрите от 1 до 9 и числото се въвежда, като се вкарват щифтовете в съответните отвори, като най-долната редица е за единиците, по-горната — за десети-



фиг. 28
Машината на Грант (схема от патента от 1873)

ците и т. н., по този начин въведеното число може да бъде умножено по или разделено на 10 (чрез придвижване нагоре или надолу едно деление на капака). До градуиращите цифри са нанесени по-малки цифри (от 9 до 1), които всъщност са допълнение до 9 на големите и се използват при изваждане и деление. Цифровите колела *A, B, C, D* и т. н. се намират под прорезите, като всяко колело е разделено на две (или три) групи по 10 зъба, всеки от които е маркиран с цифра. Предвиден е и механизъм за нулиране на показанията на цифровите колела.

Щифтовете фактически служат като ограничители за стоящите отдолу цифрови колела, които при завъртане на ръчката (каретката) правят движение напред-назад и по този начин се предават числата от въвеждащия към отчитащия механизъм.

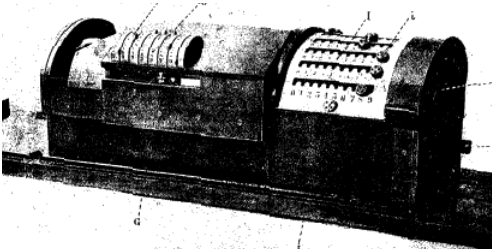
В патента си от 1873 год. Грант предлага три разновидности на механизма за пренос, в зависимост от капацитета на машината.

фиг. 29
Втората машина на Грант

Аритметичните действия с машината се извършват по характерния за сумиращите машини начини, като се има предвид, че механизмът се върти само в една посока и при изваждането и делението се използва десетично допълнение на числото.

В устройството на машината на Грант могат да бъдат открити някои интересни конструктивни решения, но запознаването с патентите остава чувството, че в този си вид машината едва ли би стигнала по-далеч от експерименталния си стадий. По-късно обаче Грант преработва изцяло механизма, като добавя дори печатащо устройство (фиг. 29) и в края на XIX век пуска машината в серийно производство с доста голям успех.

5.14. Пафнутий Чебишев (1878)



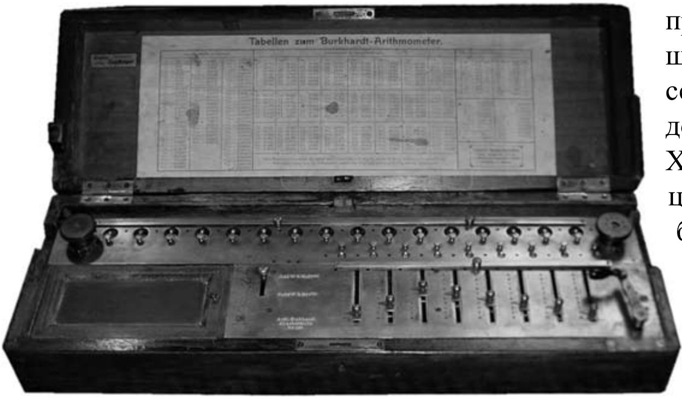
фиг. 31
Машината на Чебишев

През 1878 год. известният руски математик Пафнутий Чебишев (1821-1894) предоставя на Парижкия музей на изкуствата и занаятите изобретената от него сметачна машина (суматор). По-късно изобретателят изработва усъвършенствани модели, както и специална приставка към машината, предназначена за умножение и деление. Суматорът на Чебишев е по-скоро експериментално устройство, има големи размери, няма бутон за нулиране на показанията, практическата работа с него е доста неудобна. Всъщност целта на учения е била да изобрети нов принцип за работа на сметачните машини, базиран на т. нар. непрекъснат пренос. При този тип пренос механичната връзка между отделните разряди е постоянна и преносът от между тях се осъществява не еднократно, както е при другите машини (например показанието на старшия разряд да се увеличи с единица при прехода на младшия от 9 към 0), а постепенно. Например, при преход от 0 към 1 на показанията на младшия разряд, колелото на старшия се завърта постепенно на 1/10 оборот.

Този тип пренос се използва по-късно от някои фирми в техните сметачни машини, например в моделите на американската фирма Marchant Calculating Machine Co.

5.15. Артур Буркхард (1879)

Германският инженер Артур Буркхард (1857-1917) се счита за основател на германската промишленост за изработка на сметачни машини, която в началото на XX век става водеща в Европа. Буркхард започва да изработва сметачни машини като помощник на приятеля си Дицшолд. Конструкцията на Дицшолд обаче се оказва неуспешна и Буркхард продължава работа самостоятелно, като изработената от него през 1879 год. машина (фиг. 31) се базира на конструкцията на Колмар. Конструкцията на машините не-

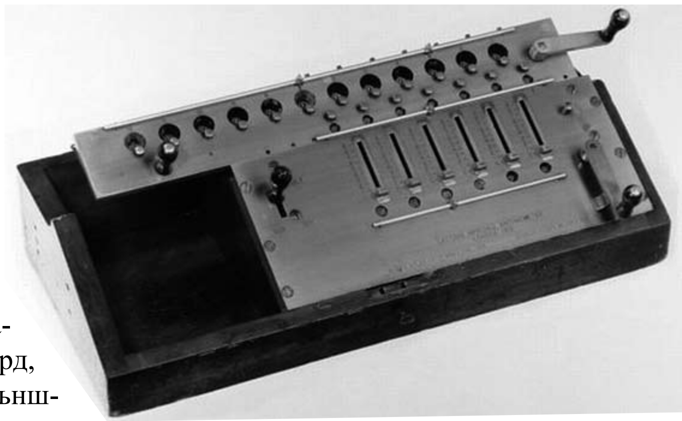


фиг. 30
Машината на Буркхард

прекъснато се усъвършенства и машината се произвежда чак до 30-те години на XX век. На конструкцията на Буркхард е базирана успешната сметачна машина *Saxonia*, която се произвежда в Германия в края на XIX и началото на XX век.

5.16. Братя Лейтън (1883)

Първата английска сметачна машина, базирана на стъпални цилиндри е произведена през 1883 год. в Лондон от братята Чарлз и Едуин Лейтън (фиг. 32).



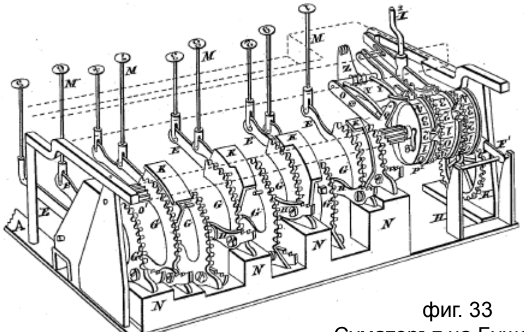
фиг. 32
Сметачната машина на Лейтън

Подобно на машината на Буркхард, устройството и външният ѝ вид приличат много на машината на Колмар.

По-късно (в началото на XX век) машината е усъвършенствана от един от дистрибуторите (Тейт) и се продава до 1914 год. под марката Тейт.

5.17. Майкъл Буше (1885)

Въпреки появата и нарастващата популярност на многоколонните суматори, клавишните едноколонни сумиращи машини остават доста популяр-



фиг. 33
Суматорът на Буше

ни и в края на XIX и началото на XX век. Такива устройства създават Керъл (1876), Крем (1877), Борланд (1878), Форестър и Бернд (1881), Буше и Снелинг (1882), Спалдинг и Азеведо (1884), Макнайдър (1885), Суем, Линдхолм и Майер (1886) и др.

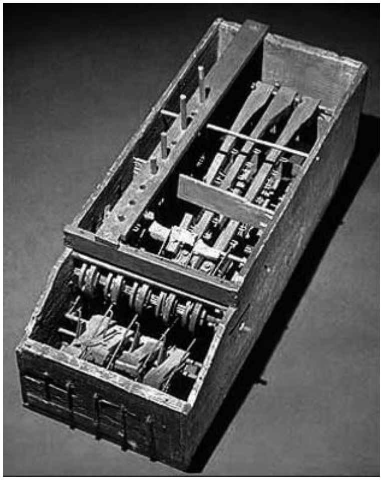
Едноколонният клавишен суматор на американеца Майкъл Буше (фиг. 33) се продава в САЩ през 80-те години на XIX век. Деветте клавиша са подредени в две редици и са закрепени за лостове, които имат от 1 до 9 зъба. При натискане на клавиш, тези зъби се зацепват с отворите на щанга, която е разположена по дължината на кутията и я завъртат на определен ъгъл в зависмост от броя на зъбите си. За тази щанга е закрепено цифрово колело. Механизмът за пренос може да пренесе разряд към второто или третото цифрово колело, така че машината отчита до 999.

5.18. Джоузеф Едмъндсън (1885)

фиг. 34
Машината на Едмъндсън

Машината на американеца Джоузеф Едмъндсън (фиг. 34) се завръща към кръглата форма, представена за пръв път от Лойполд. Числата се въвеждат чрез плъзгачи, разположени радиално по периметъра. В кръглата покривна плочка има монтирани 20 циферблата, всеки от които, в зависимост от позицията му спрямо плъзгачите и завъртащата ръчка, може да служи за показване на резултата от умножението или задаване на цифрите на множителя. Една стъпка на машината се прави като се повдигне плочката, завърти се на 1/20 оборот и се спусне. За да се направи умножение, първо се наглася множимото чрез плъзгачите, след това множителя чрез плочката. След това се завърта ръчката, докато всички цифри на множителя (в циферблатите) се нулират. Резултатът се появява в специални прозорчета.

5.19. Дор Фелт (1885)



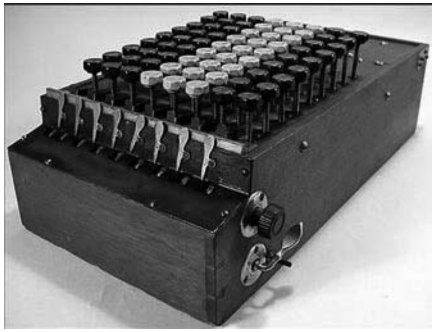
фиг. 35
Моделът *кутия за макарони* на Фелт

Чикагският механик Дор Юджин Фелт (1862-1930) започва да конструира първата си машина през свободното си време в края на 1884 год. Патент за нея получава през 1887, и до края на живота си непрекъснато усъвършенства устройството ѝ, което е описано в 46 американски и 25 чужди патента.

Доста изобретатели преди Фелт са се опитвали да изработят клавишни сумиращи машини, чиито изчислителни механизми да се задвижват чрез енергията, получена при натискане на клавиш, но без особен успех. Техните механизми страдат от два основни недостатъка: първо, при бързо и силно натискане на клавиш скоростта на въртене на колелата става твърде висока и понякога те превъртат на следваща цифра, водейки до грешен резултат и второ, механизмът за пренос е твърде бавен и ограничава скоростта на въвеждане на числата. Според един тогавашен наръчник, един добре обучен оператор е можел да натиска клавишите с такава честота, че за извършване на пренос към следващият разряд остава само 1/165 част от секундата, което е извън възможностите на директните преносни механизми (според ръководството на машината от 1924 год., един оператор извършва от 50000 до 300000 натискания на клавиши за един работен ден). Фелт избягва тези недостатъци, като конструира надежден фиксиращ механизъм за колелата и механизъм за пренос, енергията за който не идва директно от натискането на клавишите, а от пружина, която се натяга постепенно при движението на цифровите колела.

Ето как описва създаването на първата си машина самият Фелт:

„Това се случи малко преди Деня на Благодарността на 1884 год. Реших да използвам почивните дни, за да изработя дървен модел на машината. Отидох в бакалията и избрах една кутия от макарони, която беше с подходящ размер. Затова нарекох този модел *модела с макаронената кутия* (фиг. 35). За клавиши използвах няколко шишчета за скара, които взех от месарницата. За водачи на клавишите взех няколко скоби от железарията, вместо пружини използвах гумени ленти. Когато дойде Денят на Благодарността, аз станах рано и започнах работа, използвайки няколко инструмента, главният от които беше джобното ми ножче. Скоро обаче разбрах, че за изработката на няккои части се нуждая от по-добри инструменти и когато се мръкна установих, че по машината, която очаквах да направя за един ден, има още много работа. По-късно изработих някои части от метал и завърших модела малко след новата 1885 година.“



фиг. 36
Моделът с дървена кутия на комптометъра

Както може да се очаква от описанието на Фелт, първият модел е бил доста примитивен, но изобретателят веднага започва да го усъвършенства. През 1887 год. са продадени първите осем машини (машината се продава под търговската марка *comptometer—комптометър*), които се оказали много сполучливи и били използвани повече от две десетилетия. През същата година Дор Фелт, финансиран от предприемача Робърт Тарант, основава фирмата Felt & Tarant Manufacturing Co, чиято дейност ръководи няколко десетилетия. До 1903 год. са продадени над 6500 машини в дървена кутия (фиг. 36), след което започва изработката на първият модел с метална кутия — модел А (фиг. 37).

Въпреки че основните принципи на действие на механизма се запазват, през годините са направени множество големи и малки подобрения. Първото важно подобрение са така наречените *мултиплексни клавиши*, които позволяват едновременното натискане на клавиши от различни колони, нещо което е било невъзможно при ранните модели. Тъй като това означава, че в дадена колона може да имаме едновременно натискане на клавиш и пренос от по-младшата колона (разряд), наложило се усъвършенстване на механизма за пренос, при който преносът да става не веднага, а с изчакване.

фир. 37
Модел А на комптометъра

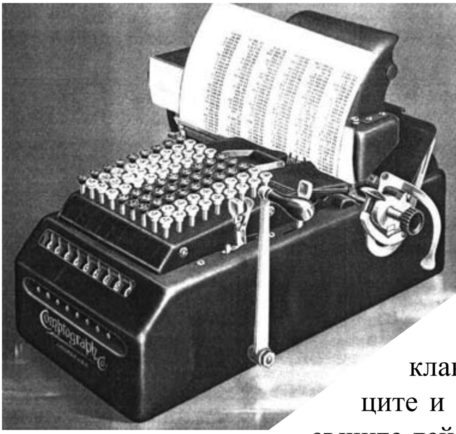
Фелт скоро разбира, че точността на изчисленията зависи не само от механизмите, но и от оператора. Грешките идват от три основни източника: непълно натискане на клавиш, повторно натискане на клавиш, преди да се е върнал в начално положение, започване на ново изчисление, без да е нулиран резултата от предишното. За избягване на първите две грешки Фелт въвежда така наречените *контролирани клавиши* — това е механизъм, блокиращ съответната колона, в която има некоректно натискане на клавиш, която трябва да се отблокира със специален клавиш. Третата грешка се избягва с така наречената *тройна сигнализация за нулиране*, чиято цел е да подсети оператора, ако машината не е била нулирана след завършване на предишната операция. При започване на нова операция звънва камбанка, в прозорчетата се виждат нули и при натискане на първия клавиш се усеща съпротивление. Почти една трета от механизма на усъвършенствания комптометър е заета от механизмите за избягване на грешки, в това отношение комптометърът далеч превъзхожда своя пряк конкурент — суматора на Бъроуз.

фиг. 38
Модел К — първият електрически комптометър

Нека извършим едно събиране с комптометъра — 327+946. Първо, ако е необходимо, нулираме показанията на уреда чрез ръчката вдясно. След това натискаме тройката в третата колона отдясно наляво (това е колоната на стотиците), двойката от втората колона (десетиците) и седмицата от първата колона (единиците). Долу в прозорчетата се появява първото събираемо. След това по същия начин набираме второто събираемо — 946, и в прозорчетата получаваме резултата — 1273.

Изваждането е било малко по-трудно, тъй като изчислителният механизъм се движи само в една посока и се използва добре познатото ни вече *събиране с допълване*. На всеки клавиш, освен голямата цифра, която се използва при събиране и умножение, има и по-малка, която всъщност представлява допълнение до 9 на голямата и се използва при изваждане. Нека например направим едно просто изваждане — 7 – 7 = 0. Първо натискаме седмия клавиш (умаляемото е 7). След това натискаме клавиша с малка цифра, с единица по-малка от умалителя (т. е. 6), а това е третия клавиш (6+3 = 9), като при това натискаме едно малко лостче отляво, което предотвратява преноса, така че вместо 10 (7+3), получаваме 0 в прозорчетата.

Комптометърът се различава от известните дотогава суматори и по това, че с него могат да се извършват лесно не само действията събиране и изваждане, но и умножение и деление. Нека например направим едно ум-



фиг. 39
Комптографът на Фелт

ножение — 1364*57. Поставяме показалците (или други удобни пръсти) върху петицата на десетиците (левия) и седмицата на единиците (десния), това са цифрите на множителя, и натискаме четири пъти съответните клавиши (4 е най-младшата цифра на множимото). След това преместваме двата пръста една колона наляво и натискаме по шест пъти съответните клавиши (това са 5 от колоната на стотиците и 7 от тази на десетиците). Повтаряме същите действия и за другите две цифри на множителя (1 и 3) и получаваме резултата. На провежданите демонстрации се оказва, че умножението с помощта на машината е 8 до 10 пъти по-бързо от това с лист и молив.

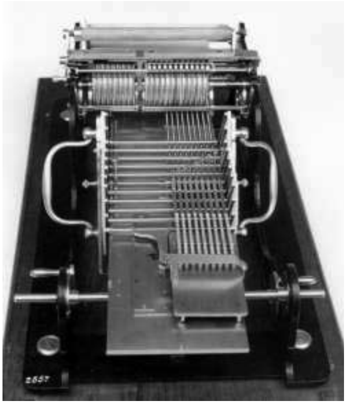
Машината е произвеждана главно в три разновидности — осем, десет, дванадесетразрядна, но има и екземпляри с 16 и дори 20 разряда. До 1926 год. са продадени близо 130000 машини, което без съмнение прави комптометъра най-популярната изчислителна машина за времето си.

Механичният комптометър (това всъщност е електромеханичен модел с двигател — фиг. 38) се произвежда чак до петдесетте години на XX век. През шестдесетте години е пуснат в производство механично-електронен модел и названието комптометър е изоставено. Машината е била изключително популярна с надеждността и бързината си, особено в САЩ, където са организирани специални училища, в които ежегодно са обучавани по над 10000 оператори.

През 1889 год. Фелт патентова т. нар. *комптограф* — това е комптометър с прикрепено към него печатащо устройство (фиг. 39), който започва да се продава през 1891 год. Изобретателят хвърля 15-годишни усилия и труд върху тази машина, като през 1908 пуска в производство модел с електрическо задвижване, но машината така и не успява да се наложи на пазара, въпреки че производството ѝ продължава почти три десетилетия.

5.20. Едвард Селинг (1886)

Професорът по математика от Вюрцбургския университет Едвард Селинг (1834-1920) създава през 1886 год. интересна изчислителна машина (фиг. 40), при която уморителното въртене на ръчки и стряскащите звуци при преноса са избегнати с помощта на механизъм, наречен *Нюрнбергски ножици* (или *щъркелов клюн*).



фиг. 40
Машината на Селинг

Машина се състои от две основни части:

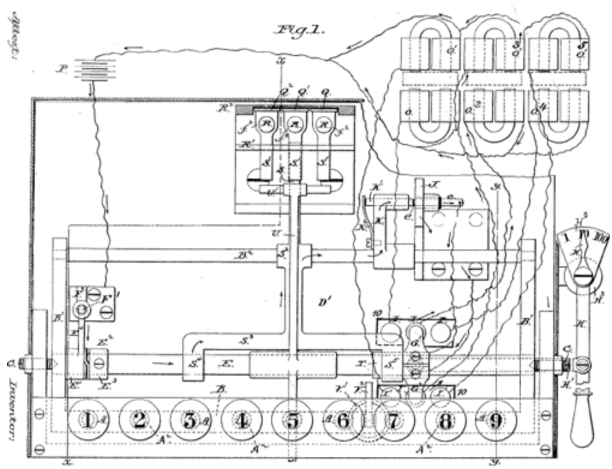
1. Въвеждащ механизъм с *Нюрнбергски ножици*, свързани чрез зъбни рейки с отчитащия механизъм и щифтове за въвеждане на числата.

2. Отчитащ механизъм, базиран на предавки и цифрови колела, които са монтирани на обща ос и са свързани така, че да преобразуват линейното движение на зъбните рейки във въртеливо движение. За осъществяване на преноса, цифровите колела са свързани помежду си с т. нар. планетарни предавки, като по този начин се избягва грешка при пренос поради заяждане на пружина (често срещан проблем при другите механизми).

По-късно проф. Селинг конструира по-голяма машина с електрическо задвижване и печатащ механизъм. Въпреки интересните си конструктивни решения, машините на Селинг не стават популярни.

5.21. Чарлз Вайс (1886)

През 1886 год. Чарлз Вайс, представител на нюйоркската фирма Kruse Check and Adding Machine патентова едноколонен суматор (фиг. 41), който едва ли е влязъл в производство, тъй като от този момент нататък за него няма никаква информация. Машината все пак заслужава нашето внимание, тъй като това е първият суматор с електромагнитно задвижване.



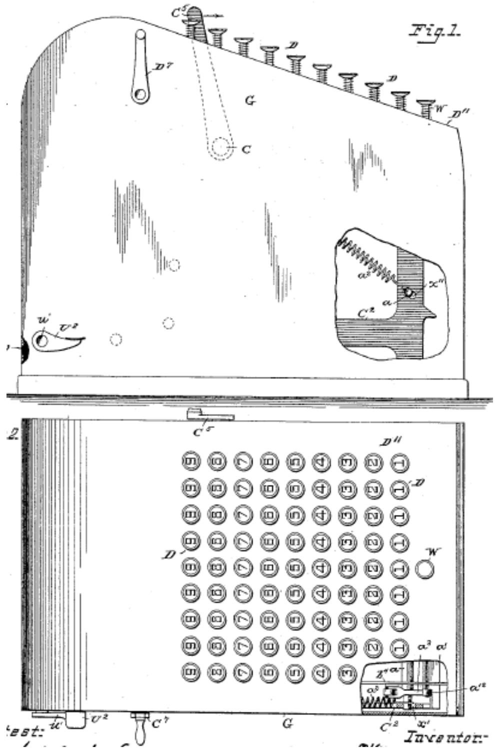
фиг. 41
Електромагнитният суматор на Вайс

Зъбните колела се привеждат в движение чрез електромагнитен механизъм, захранван от батерии. Чрез натискането на всеки клавиш се затварят съответните контакти и по този начин се образува електромагнит, завъртащ лост, свързан със зъбните колела. Ъгълът на завъртане на лоста и съответно на механизма със зъбните колела зависи от местоположението на контактите.

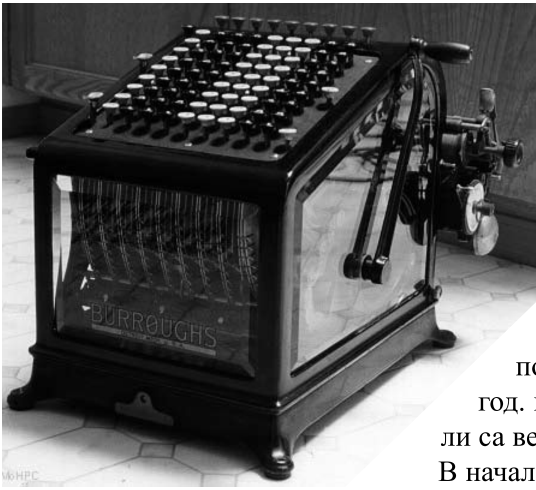
5.22. Уилям Бъроуз (1886)

Нюйоркският банков чиновник Уилям Сюърд Бъроуз (1857-1898) започва през 1882 год. проектирането на сметачна машина с цел да облекчи монотонната и склонна към грешки работа на банковите служители и счетоводители. Машината е готова в началото на 1885 год. и изобретателят подава заявка за патент, който получава през 1888 год (фиг. 42). Първата машина е деветразряден суматор с печатащо устройство.

Още през 1886 год. Бъроуз основава (заедно с още трима души) фирмата American Arithmometer Co, която започва производството на машината (през 1905 год. фирмата приема името Burroughs Adding Machine Co). През 1887 са продадени на цена от 475 USD само 50 машини. Първият модел обаче има сериозен конструктивен недостатък и Бъроуз е принуден да изтегли всички продадени машини от употреба и да преработи механизма. Провалът в началото бързо е преодолян и въпреки ранната смърт на изобретателя през 1898 год., фирмата се развива добре — през 1906 год. общия брой на всички Burroughs машини е над 40000 (почти 90% от всички суматори в САЩ), а със своите 1200 работници фирмата се превръща в най-голямата в бранша си. През 1908 год. суматорите се предлагат в 58 различни модела, подходящи



фиг. 42
Патентния чертеж на първия модел на Burroughs



фиг. 43
Машина модел Class 1 на Бъроуз

за всеки бизнес. Има евтини и скъпи модели (от 175$ до 850$), с различен брой разряди, с различна широчина на хартията, с клавиши за пресмятания на дроби, футове и инчове и т. н. През 1920 год. продадените машини вече са 800000, а служителите — над 12000. Burroughs е вече безспорен световен лидер. През 1935 год. предлаганите стандартни модели са вече над 450.

В началото на XX век Burroughs и нейните конкуренти извършват истинска революция в счетоводните офиси и банките, позволявайки замяната на множество високо платени изчислители с ниско платени оператори (предимно жени) на сметачни машини.

Има значителни различия при работа с машините на Burroughs и комптометъра на Фелт. При Burroughs операторът въвежда числото от клавиатурата, след което с помощта на ръчка извършва сумирането и отпечатването му на хартия. За отпечатване на общата сума се натиска специален клавиш. и пак се изтегля и освобождава ръчката.

фиг. 44
Машина модел Class 3 на Бъроуз

Първият напълно функционален модел (т. нар. Class 1, фиг. 43) е описан в патент от 1893 год. За този модел, както и за моделите Class 2 и Class 6 е характерно „невидимото“ разположение на печатащия механизъм в задната част на машината, който се привежда в действие с ръчката вдясно. Class 2 има два изчислителни механизма и специален клавиш за прехвърляне показанията от единия механизъм към другия, а Class 6 (1911 год.) е първата серийно произвеждана клавишна машина, извършваща изваждането директно, а не чрез допълнение. Първият електрически модел на Burroughs се появява през 1906 год.

Фирмата Burroughs има много добър мениджмънт и доста агресивно пазарно поведение. Когато се появи някой сполучлив модел на конкурентна фирма, тя се опитва просто да купи (и обикновено успява) фирмата производител (такъв е случаят с Universal Adding Machine Co. през 1908, която произвежда първият клавишен печатащ суматор с електрическо задвижване и двуцветна печатна лента). След придобиването на тази фирма Burroughs просто спира от производство конкурентния модел. Подобна е съдбата и на Pike Adding Machine Co. през 1909, Moon-Hopkins Billing Machine Co през 1921 и др. След като купува Pike Adding Machine Co. Burroughs започва да продава машините на новозакупената фирма под марката Burroughs Pike, а по-късно (през 1911 год.) пуска в продажба базирания на тази машина изключително сполучлив модел Class 3 (фиг. 44), а по-късно и модела Class 4 (който включва и специален механизмът, позволяващ преместването на числата наляво или надясно, улеснявайки умножението).

фиг. 45
Машина модел Class 5 на Бъроуз

През 1911 год. фирмата пуска в производство Class 5 (фиг. 45) — модел без печатащо устройство и толкова приличащ на комптометъра, че Felt&Tarant Co. завежда дело за нарушаване на патентните права срещу своя конкурент, принуждавайки Burroughs да промени външността на модела.

След придобиването през 1921 год. на фирмата Moon-Hopkins Billing Machine Co., Burroughs и започва да произвежда сполучливата машина Moon-Hopkins (фиг. 46), която комбинира електрическа пишеща машина и сметачна машина.

Предимствата на машините Burroughs (които ги правят безспорен световен лидер) са надеждната конструкция, разнообразието на модели, както и разнообразните екстри, които могат да бъдат добавяни към всеки един модел. Ето например какви са възможностите на успешния модел Class 3.

Допълнителни и коригиращи клавиши:

• Клавиш total: всички суми се означават със звездичка на разпечатката, в същото време изчислителният механизъм се нулира

• Клавиш subtotal: всички частични суми се означават с S

фиг. 46
Машина модел Moon-Hopkins на Бъроуз

• Клавиш nonadd: всички несумирани числа се означават

• Клавиш за корекция: при натискането му всички клавиши, които са били натиснати, се връщат в начално положение

Ето част от екстрите, които при желание могат да се добавят към машината:

• Полуавтоматична или автоматична каретка

• Електрическо задвижване на каретката

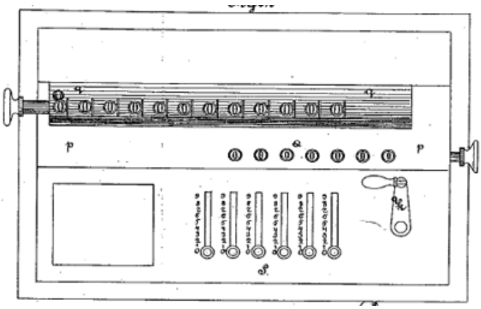
• Устройство за разделяне на разпечатките, така че едновременно да се печатат два листа (един до друг)

• Устройство за автоматичен печат на датата и номериране

• Устройство за автоматично поемане и изкарване на листа

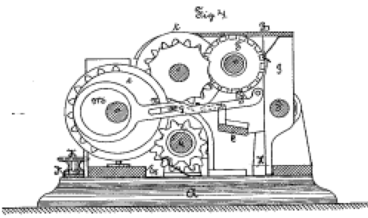
След Първата Световна война Burroughs открива офиси в Канада, няколко европейски държави, в Латинска Америка, превръщайки се в първата многонационална компания за сметачни машини и разширява асортимента на производството си до около 460 стандартни модела. След Втората Световна война фирмата хвърля много средства в разработката на електронни изчислителни машини, но продължава и производството на механични и електромеханични сметачни машини чак до 60-те години на века. През 1986 год. Burroughs Adding Machine Co се обединява с фирмата Sperry Rand и под името Unisys продължава съществуването си до наши дни.

5.23. Ото Бютнер (1888)



фиг. 47
Първата машина на Бютнер

Машините на дрезденския инженер-механик Ото Бютнер, произвеждани в края на XIX век в Германия не са оказали съществено влияние на развитието сметачната техника, но този човек заслужава да бъде споменат, защото първата му машина (патентована през 1883 год.) е базирана на стъпални цилиндри (фиг. 47) и прилича мно-



фиг. 48
Втората машина на Бютнер

го на аритмометъра на Колмар, във втората машина обаче (1888 год.) Бютнер използва и колела с променлив брой зъби (колело на Однер), опитвайки се да съчетае най-доброто от двете водещи технологии.

Втората машина (фиг. 48) е произвеждана в три разновидности — 12, 16 и 20 разряда в резултативния механизъм и съответно 7, 9 и 11 разряда в брояча на оборотите. Каретката е наклонена напред за по-лесно отчитане. Ръчката на задвижващият механизъм може да се върти и в двете посоки. Нулирането на двата броячни механизма става чрез специални бутони. Въвеждането на числата става чрез завъртането на входящите зъбни колела, като цифрите се четат в прозорчета разположени едно до друго в една редица, което е много удобно.

5.24. В. Кютнер (1894)

Германският изобретател В. Кютнер от град Бург, патентова през 1894 год. конструкция на сметачна машина, базирана на зъбни колела с променлив брой зъби (*колело на Однер*). Изработените по този патент машини са произвеждани под името Monopol-Duplex (фиг. 49) от различни фирми в периода 1894 – 1914 год. Тази машина е първата от рода си, която има механизъм за пренос в брояча на оборотите. Машината е произвеждана в различни модели, между които модел с печатащ механизъм, както и такъв с електрическо задвижване.

фиг. 49
Машината Monopol-Duplex

5.25. Saxonia (1895)

Както вече споменахме, успешната сметачна машина Saxonia прилича твърде много на машината на Буркхард и причината за това е, че собствениците на фирмата–производител са работили дълго време при Артур Буркхард. Това се отнася обаче само за ранните модели (фиг. 50), но машината

фиг. 50
Ранен модел на Saxonia

остава в производство чак до 1929 год. По-късните модели притежават много подобрения, най-важното от които е клавиатурата за въвеждане на числата, заменила традиционните за машините със стъпални цилиндри плъзгачи, което ускорява много работата на оператора.

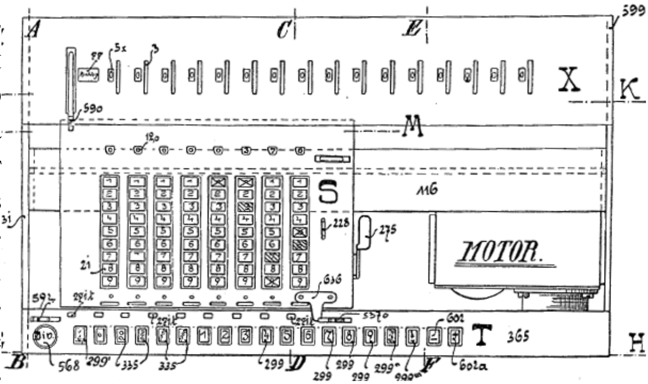
5.26. Джоузеф Търк (1899)

Американецът Джоузеф Търк (1870-1956) е един от най-известните изобретатели в областта на сметачните машини. Първия от четиридесететте си патента получава през 1899 год., а последния — през 1956 год. Най-успешният му модел — т. нар. *Механичен счетоводител* (фиг. 51) е базиран на патента му от 1903 год. През 1911 год. Търк започва да работи като изобретател и за Felt&Tarant, като същевременно продължава да произвежда и своята машина, макар и без особен пазарен успех.

фиг. 51
Механичният счетоводител на Търк

Машината има два реда цифрови колела, в горния ред се чете последното въведено от клавиатурата число, а в долния — резултата от операциите. Под цифровите клавиши има голям клавиш (подобен на клавиша интервал при съвременните клавиатури), с който се нулира горния циферблат. Долният (резултативния) циферблат се нулира чрез ръчката в дясната част. Първият модел (simplex) не е позволявал да се натискат едновременно клавиши от различни колони, тъй като при възникване на пренос точно към колона, в която се натиска клавиш, той се губи. По-късно Търк усъвършенства преноса и в модела Duplex това вече не е проблем.

5.27. Александър Рехницер (1901)



фиг. 52
Машината на Рехницер от швейцарския патент от 1912 год.

През 1901 год.[1] младият чешки евреин Александър Рехницер (1882-1922) подава заявление за патент на задвижвана чрез електромотор сметачна машина (фиг. 52), която за разлика от машината на Чарлз Вайс се произвежда няколко години от виенската фирма Autarit (под същата марка), макар и в скромни количества и без пазарен успех. Изчислителният механизъм на първата му машина е базиран на стъпални цилиндри. След като се нагласят необходимите за събиране, изваждане, умножение или деление числа, с помощта на бутон се задава необходимото аритметично действие и с друг бутон се пуска в действие електромотора, който върти изчислителния механизъм дотогава, докато се получи резултата.

Рехницер очевидно е бил превъзходен механик, но слаб бизнесмен. По-късно той получава още няколко патента за различни сметачни машини (между които и такъв за говореща сметачна машина), след което заминава за Ню Йорк, където след неуспешни опити да пусне в производство машината си, отчаян, завършва живота си със самоубийство.

5.28. Хопкинс (1902)

Бра8ята Уйлям и Хубърт Хопкинс от Сейнт Луис имат общо пет патента на едноколонни (десетклавишни) суматори с печатащ механизъм. Пръв открива серията по-големият брат—Уйлям през 1894 год. Този негов патент стои в основата на доста популярния в началото на XX век в САЩ едноко-

1 През същата 1901 год. заявка за патент за сметачна машина с електромотор подава и механикът Франк Ринше от Сейнт Луис, САЩ, машината обаче така и не влиза в производство—бел. авт.

фиг. 53
Вляво – суматорът Standart на Уйлям Хопкинс

Вдясно – Суматорът Dalton на Хубърт Хопкинс

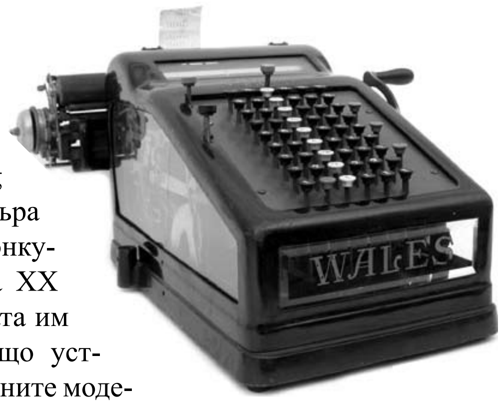
лонен печатащ суматор Standard (фиг. 53, вляво).

Щафетата поема по-малкият брат Хубърт, чиито проектиран през 1902 (патентован през 1904 год.) суматор (фиг. 53, вдясно) стои в основата на най-популярната от вида си машина — Dalton (производителят е Dalton Adding Machine Co.).

Масовото производство на машината започва през 1907 год. и продължава почти половин век. През 1921 год. е представен портативния т. нар. *супермодел* (тежащ само около 4 кг, за разлика от 13,5 на стария модел), който се предлага в над 150 разновидности, всяка от които може да бъде с ръчно или електрическо задвижване. Разрядите в резултативния механизъм са 6, 7, 9, 11 или 13. Механизмите вече са изработени от неръждаема стомана. На клавиатурата, освен цифровите клавиши, има и такива за изваждане, умножение, повторение, изключване на събирането, общи и частични суми и др. Печатащата лента е двуцветна, с автоматично задвижване, има модели с най-различна широчина на листа. През 1924 год. е пуснат модел, който едновременно може да събира и изважда, както и да събира и умножава.

5.29. Уелс (1903)

Суматорите на Wales Adding Machine Co. (заедно с комптометъра и суматора Dalton) са сериозен конкурент на Burroughs в началото на XX век. Това се дължи на сполучливата им конструкция, „видимото“ печатащо устройство (с което превъзхождат ранните модели на Burroughs) и множеството модели, които

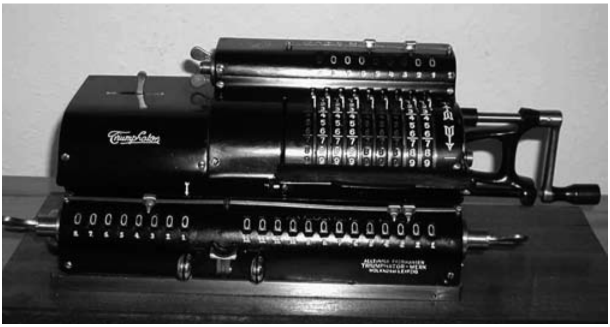


фиг. 54 Суматорът Wales

се предлагат. През двадесетте години този суматор (фиг. 54) продължава да се продава много успешно в две основни разновидности — големи и портативни модели. Всички модели се произвеждат с един или два изчислителни механизма. Работата на оператора е подобна на тази при суматорите Burroughs, първо се въвежда числото с клавиатурата, след това с помощта на ръчка се отпечатва и добавя към частичната сума, а клавишите се връщат в начално положение. Има допълнителни клавиши за специални операции. Портативните машини представляват умален вариант на големите с почти същата функционалност.

5.30. Triumphator (1904)

Лайпцигския завод Triumphator започва производството на изключително сполучливия едноименен суматор през 1904 год. Машината (фиг. 55) е една от многото, базирани на патента на Однер. През първата година са пуснати в продажба само 100 машини, но до 1965 год., когато е произведена последната машина с тази марка, общият им брой надхвърля 380000.

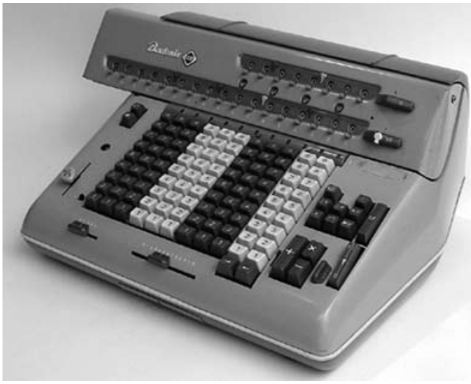


фиг. 55
Модел С на суматора Triumphator

5.31. Матиас Бьоерле (1904)

Изобретателят Матиас Бьоерле е считан за един от родоначалниците на германската промишленост за сметачни машини. Първата му машина (Peerless, фиг. 56) представлява класически (базиран на машината на Колмар) модел с плъзгачи и стъпални цилиндри. По-късно се появява усъвършенстван модел, наречен Peerless Rapid, а през 1920 год. излиза на пазара изключително сполучливия модел Badenia

фиг. 56
Машината Peerless на Бьоерле



фиг. 57
Badenia, модел от 60-те години

(фиг. 57), чиито усъвършенствани варианти се произвеждат чак до 1965 год. В Badenia изчислителният механизъм отново е базиран на стъпални цилиндри, но въвеждането на числата става чрез клавиатура. Всички машини на Бьоерле се отличават малките си размери и надеждната си работа.

5.32. Кристел Хаман (1905)

В предишната глава вече стана дума за диференчната машина на германския изобретател Кристел Хаман. Берлинчанинът Хаман (1870-1948) е считан за един от гениите на механичните сметачни машини. Освен споменатата вече машина, той е създател на кръглият калкулатор Gauss (1905), машините Adam Riese (1909), Logarithmus (1910), Trick (1912), Tasma (1924), Hamann-Manus (1925) и др. Най-известното му творение обаче е създадената през 1910 год. машина Mercedes-Euklid, която остава в производство чак до 1975 год.

Устройството на машината се различава коренно от всички известни дотогава системи. Основният механизъм се състои от 10 паралелни зъбни рейки, който се придвижват с помощта на плъзгачи (в по-късните модели с клавиатура). Изобретеният от Хаман механизъм има много преимущества, най-важните от които са: автоматично движение на каретката, което вече става чрез натискане на клавиш; моментално изчистване на броячните механизми с едно движение; автоматично деление, което улеснява много оператора.

фиг. 58
Mercedes-Eulklid, модел 4

В първите модели въвежда-

фиг. 59
Модел 38 на Mercedes-Euklid

нето на числата става чрез плъзгачи. В модел 4 (фиг. 58), произвеждан от 1913 до 1928 год. е въведена клавиатура. Пуснатият в производство през 1919 год. модел 7 вече е с електрическо задвижване, а на фиг. 59 можете да видите модел 38, произвеждан от 1935 до 1958 год.

5.33. Archimedes (1906)

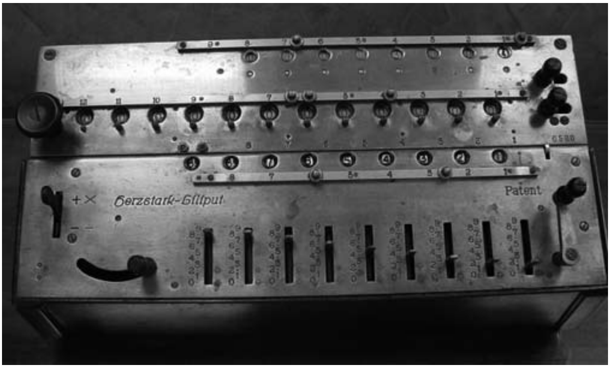
фиг. 60
Archimedes, модел C

Популярната машина Archimedes (фиг. 60) на германеца Рейнхолд Пьотиг се произвежда от 1906 до 1960 год. Механизмът ѝ се базира на стъпални цилиндри. Първите три модела (A, B и C) следват класическия дизайн на Колмар, а модел B е първата машина от този вид с механизъм за пренос и в брояча на оборотите.

В четвъртия модел D (1915 год.) въвеждането на числата вече става чрез клавиатура, има и механизъм за нулиране на въвеждащия механизъм при завъртане на главната ръчка, чрез който се ускорява значително работата с устройството. Моделите с C и D се предлагат и с електрическо задвижване. В тези модели изместването на множителя (делимото) при умножение (деление) става автоматично, което улеснява много оператора и премахва един от основните източници на грешки.

5.34. Самуел Херцщарк (1906)

Машината Austria на виенския изобретател Самуел Херцщарк се произвежда от 1906 до 1929 год. и е типичен представител на устройствата със стъпален цилиндър. Както и при предишните разгледаните машини, първите модели следват класическия дизайн на Колмар, а в следващите са въведените най-различни подобрения като клавиатура, електрическо задвижване, портативни размери (фиг. 61) и др.



фиг. 61
Austria, портативен модел Liliput от 1925 г.

5.35. Емъри Инсайн (1907)

Американецът Емъри Инсайн патентова през 1904 год. първата масово произвеждана сметачна машина с електрическо задвижване, който се продава (на цена 400 $) под неговото име (Ensign) от 1907 до 1924 г.

фиг. 62
Машината Ensign

Машината (фиг. 62) е много добре проектирана и лесна за употреба. Има отделни клавиши (в дясната част на кутията), използвани при умножение. Делението е полуавтоматично, а изваждането се извършва чрез събиране, като се използва принципа „допълване до 10“.

5.36. Tim и Unitas (1907)

Още един германски аритмометър и отново базиран на стъпални цилиндри. Произвежда се от 1907 до 1940 год. Първият модел е в дървена ку-

тия и е базиран на класическия дизайн на Колмар, но в модела от 1909 год. (фиг. 63, горе) са въведени множество подобрения (метална кутия, механизмът е опростен, намален е броят на движещите се части и габаритите), което води до по-тиха и по-надеждна работа на устройството. Този модел има разновидност с плъзгачи и с бутони, предлага се и с електрическо задвижване.

Unitas (фиг. 63, долу) е търговска марка на машината Tim с двоен броячен механизъм. Усъвършенстванията, които споменахме за Tim са валидни и за Unitas.

фиг. 63
Машините Tim (горе) и Unitas (долу)

5.37. Madas (1908)

Машината Madas (фиг. 64) не е типичен представител на класа на устройствата със стъпален цилиндър, защото има механизъм за автоматично деление. При другите подобни машини делението изисква голямо внимание от страна на оператора, за разлика от Madas, където е необходимо само да се въведат делимото и делителя и да се върти ръчката, докато звънне камбанката. Изчисляването на частното, преместването на каретката и показването на остатъка се правят автоматично. Това, а и някои други усъвършенствания в Madas я правят безспорен лидер в своя клас, машината се произвежда чак до 1968

фиг. 64
Модел на Madas с електрическо задвижване

год. от познатата ни вече швейцарска фирма Ханс Егли.

5.38. Marchant (1911)

Калифорнийската фирма Marchant Calculating Machine Co. започва производството на първата си сметачна машина през 1911 год. (фиг. 65) и продължава да произвежда подобни устройства до 1958 год. Първите модели следват точно дизайна на Однер, но по-късно конструкторите въвеждат много усъвършенствания и променят механизма от базиран на колела с променлив брой зъби към въртящ се сегмент.

фиг. 65
Marchant, модел H8

Механичните (а по-късно и електромеханичните) калкулатори на фирмата са известни като надеждни, бързи, тихи и удобни за работа.

5.39. Thales (1911)

Фабриката в гр. Ращад, Баден, Германия, започва производството на машината Thales (фиг. 66) през 1911 год. Машината е много сполучлива и производството на усъвършенствани модели продължава чак до 1965 год. Механизмът ѝ е базиран на дизайна на Однер с колела с променлив брой зъби. Машината се продава и в Англия под името Muldivo.

фиг. 66
Машината Thales, модел MER от 1955 год.

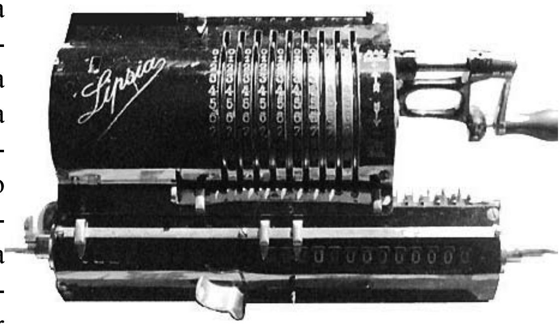
5.40. Monroe (1911)

фиг. 67
Машината Monroe, модел LN-160X от 1955 год.

Вече стана въпрос, че от 1873 до 1911 год. Франк Болдуин изработва без особен успех няколко машини, базирани на изобретеното от него колело с променлив брой зъби. Успехът идва при него чак когато проектира нов въвеждащ механизъм и заедно с Джей Мънро пуска в производство през 1911 год. машина с клавиатура.

Клавишните суматори, владеещи пазара по това време превъзхождат машините, базирани на стъпални цилиндри и колела с променлив зъби с удобството си при въвеждане, особено при събиране и изваждане. Болдуин решава да комбинира двете технологии и това се оказва печеливш ход. Машините Monroe (фиг. 67) се произвеждат чак до 1968 год.

5.41. Lipsia (1914)



фиг. 68
Машината Lipsia

Лайпцигската фабрика Holzapfel & Co. започва производството на портативната си сметачна машина Lipsia (фиг. 68) през 1914 год. Устройството е проектирано съобразно класическия дизайн на Однер и се отличава с надеждната си работа. Производството продължава чак до 1953 год. Машината се продава успешно не само в Германия, но и други европейски страни.

5.42. Sundstrand (1914)

фиг. 69
Машината Sundstrand

През 1911 год. в Рокфорд, щата Илинойс, братята Дейвид и Оскар Сундстранд изобретяват десетклавишен едноколонен суматор с печатащ механизъм (фиг. 69), чието производство започва през 1914 год. в тяхната фирма Sundstrand Adding Machine Co. и се ползва с голям пазарен успех, като до 1924 год. са продадени над 50000 бр.

Машината е много удобна за работа, особено при по-прости сметки. Нека например извършим едно умножение (683.34) с нея. Въвеждаме първо множимото (натискаме последователно 6, 8 и 3). След това натискаме клавиша *repeat*, след което завъртаме на четири оборота ръчката. Дотук сме умножили множимото по единиците на множителя. След това натискаме клавиша 0 (с което умножаваме по 10 резултата) и завъртаме ръчката на три оборота, като преди третия оборот изключваме клавища *repeat* и получаваме резултата в прозорчетата и на разпечатката.

Делението се прави чрез умножение, като се умножава делимото по реципрочната стойност на делителя.

5.43. Facit (1918)

фиг. 70
Facit, модел C1-13 от 1967 год.

Смет97ните машини на Стокхолмската фирма Axel Wibel, които се продават под марката Facit (фиг. 70), започват своя дълъг път през 1918 год. (производството продължава чак до 1977 год.) с модел, използващ класическия дизайн на Однер. През 1932 год. към тази линия от модели се добавя линията с родоначалник Facit T, в която е въведена клавиатура, но задвижването си остава чрез ръчка, а през 1934 год. с Model E се въвежда нова линия с електрическо задвижване.

През 60-те години на XX век фирмата се опитва да бъде конкурентна на завладяващите света японски електронни калкулатори, като дори пуска свой собствен електронен модел (произвеждан от Sharp), но вече е твърде късно и след няколко години производството на сметачни машини е спряно.

5.44. Victor (1918)

фиг. 71
Victor, модели 600 (вдясно) и 700

Чикагската фирма Victor Adding Machine Co. започва производството на първата сметачна машина през 1918 год. Първият модел не е особено сполучлив, но през 1921 год. е пуснат нов стодоларов модел с печатащо устройство, от който само до 1925 год. са продадени над 100000 бр., а до 1958 год. общият брой продадени машини надхвърля милион и половина. Производството на фирмата продължава до 1961 год., когато фирмата се обединява с Comptometer Co., наследник на фирмата на Фелт.

Машините Victor (фиг. 71) завладяват пазара с малките си размери, удобството при работа, авангардния си дизайн и ниската си цена.

***

Избрах годината 1920, за да завърша обзора на механичните калкулатори поради няколко причини. От времето на първата успешна серийно произвеждана сметачна машина — аритмометъра на Колмар е минал точно един век. В САЩ и Европа (предимно в Германия) има стотици фирми, произвеждащи такива механични калкулатори, в САЩ предимно клавишни, базирани на механизмите на Фелт и Бъроуз, а в Европа — клавишни и с плъзгачи, базирани предимно на стъпални цилиндри и колелото на Однер. Механизмите, стоящи в основата на тези машини отдавна са изобретени и усъвършенствани. Технологиите и материалите за изработка също са отдавна известни. Механичните калкулатори владеят света. По същото време обаче в няколко лаборатории и университети вече са направени откритията, които след няколко десетилетия не само ще сложат край на тяхното господство, но и ще позволят да бъде изработена първата разумна машина — компютърът.

фиг. 72
Curta, модел 1

Релейната технология е усъвършенствана, готова е електромеханичната сметачна машина на Леонардо Торес, отдавна са изобретени вакуумния диод и триод, някой учени вече ги използват за логически схеми, физикът Менсън Бенедикс вече е открил изправителните свойства на германия, поставят се основите на теорията на полупроводниците. Моето решение да спра до 1920 год. обаче не бива да оставя читателя в заблуждение, че след тази година механичните калкулатори минават в забвение. Напротив, още дълги години тези машини са синоним за калкулатор, а новите им модели продължават да стават все по-удобни, красиви и надеждни.

За потвърждение на тези мои думи ще ви разкажа за още един механичен калкулатор, който все още има хиляди почитатели-колекционери по цял свят, на него са посветени десетки Интернет сайтове и това е:

5.45. Curta (1948)

Историята на сметачната машина Curta (фиг. 72) и нейния създател е изключително интересна.

Изобретателят на Curta — Курт Херцщарк (1902-1988) е син на известния виенски изобретател (от еврейски произход) и производител на сметачни машини Самуел Херцщарк. Младият Курт започва работа във фабриката на баща си, произвеждаща сметачни машини, базирани на стъпални цилиндри и класическия дизайн на Колмар.

В средата на тридесетте год. на XX век Курт разбира, че потребителите ще посрещнат добре една малка и удобна машина (нещо, което се опитва да направи още преди век и половина без успех Филип Хан) и започва да работи по конструкцията. Проектът е готов през 1937 и патентован през 1938 год. През същата тази година обаче Австрия е „присъединена“ към Германия и фабриката Austria на фамилия Херцщарк е принудена да започне изработка на продукция с военно предназначение, за да не бъде национализирана. До 1943 год. Курт продължава да ръководи Austria, но след като е обвинен от нацистите в „сътрудничество с евреи“ и „непристойни контакти с арийска жена“ (интересно обвинение към човек, чиито баща е евреин, а майка — „чистокръвна арийска жена“), е изпратен в концентрационния лагер Бухенвалд.

За негово (и наше) щастие командирът на лагера е чувал за известната фамилия Херцщарк и му заповядва да създаде една сметачна машина, която да бъде подарена на фюрера след спечелването на войната. По този начин Курт успява (за разлика от десетки хиляди други затворници) да дочака жив освобождаването си от лагера през 1945 год.

В лагера Херцщарк пречертава по памет всички детайли на своята машина и след войната, през 1947 год., успява да я пусне в производство.

Машината е базирана на стъпалните цилиндри на Лайбниц. Числата се въвеждат чрез плъзгачите отстрани на корпуса. Прехвърлянето на числото от въвеждащия към отчитащия механизъм става чрез завъртане на ръчката, която се движи само в една посока. Ако искаме да превключим на изваждане, издърпваме ръчката по оста ѝ нагоре. Резултатът. както и броя на оборотите на ръчката се отчита в прозорчетата, разположени по периферията на горния капак. Нулирането на резултативния механизъм става чрез завъртане на лостчето с халката (разположено на същата ос под главната ръчка). Умножението и делението се извършват по обичайния за този тип машини — последователно събиране или изваждане, като преместването на числото в резултативния механизъм наляво или надясно става чрез завъртане на грапавия пръстен (точно над надписа Curta на фиг. 62).

Машината се произвежда до 1970 год., като до този момент са продадени над 140000 устройства. Портативните електронни калкулатори обаче вече стават толкова евтини, че дори и шедьоври на механиката като Curta нямат никакъв шанс на пазара.

Глава VI

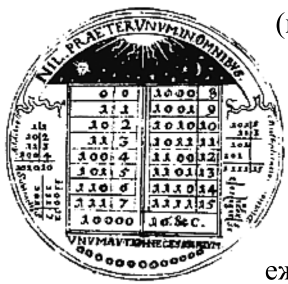
Раждането на съвременния компютър

“Според мен има световен пазар за може би около пет компютъра.”
Томас Уотсън (президент на IBM), 1943 год.

6.1. Двоична бройна система

Двоичната бройна система стана широко известна през последния половин век, благодарение на развитието на електронноизчислителните машини. В математиката обаче тя е позната отдавна. Вече споменахме за приноса за нейното утвърждаване на Леонардо Фибоначи, Лука Пачоли, Джироламо Кардано и Джон Непер. Първото описание на тази бройна система е в ръкопис от 1605 год. на английския математик Томас Хериът, който обаче остава неизвестен чак до края на XVIII век.

През 1679 год. големият немски учен Готфрид Лайбниц в един свой ръкопис обсъжда възможността да се проектира механичен двоичен калкулатор, в който за представяне на двоичните цифри да се използват движещи се топки. По-късно създава интересен медал (фиг. 1), съдържащ числата от 0 до 15 в двоичен вид, а през 1701 год. написва статия[1], в която описва смятането в тази система. Интересът на Лайбниц към двоичната система (която той нарича Dyadik) е свързан не толкова със сметачната машина, която конструира, а по-скоро със стремежа му да създаде *lingva generalis*, универсален метод и език за описание на света.



фиг. 1
Медалът на Лайбниц

Разбира се, нито Хериът, нито Лайбниц са измислили тази система. Различни народности през различни епохи са използвали подобни системи в ежедневния си живот, като някои от тях, например австралийските аборигени са запазили този начин на броене от каменния век, та чак до наше време.

1 Essay d’une nouvelle science des nombres, Париж, 1701 год. — бел. авт.

Ние означаваме числата в двоичната бройна система, като използваме цифрите 0 и 1. Всяко естествено число може да се представи еднозначно като сума от различни степени на числото 2, с коефициенти, които са 0 или 1. Всяка цифра означава число, 2 пъти по-голямо от числото, което тя би означавала, ако беше с една позиция по-надясно.

Събирането на две цели положителни числа, записани в двоична система, извършваме по аналогия със събирането в десетична система — чрез събиране на едноименните единици, означени със съответните цифри, с евентуално получаване на пренос („едно наум“), т. е. на една единица от по-висок ред, която пренасяме наляво. Например $1_2 + 1_2 = 10_2$.

Изваждането също се извършва подобно на това при десетичната система — цифрите се изваждат разряд по разряд, като при необходимост се заема единица от по-старшите разряди. Алгоритмите на умножаване и деление на две числа също са подобни на тези при десетичните числа.

Въпросът за икономичността на бройните системи има важно значение в теорията на електронноизчислителните машини. Този въпрос се решава теоретично, като се намери минимума на функцията:

$$\varphi(x) = \frac{x}{\ln x}$$

който се получава при $x = 3$, т. е. най-икономична в математически смисъл е троичната бройна система, а следващата по-икономичност е двоичната, като разликата е минимална. Като се вземе предвид, че логиката и принципите на действие на електронните схеми се описват много по-лесно с двоичната система, може да се каже, че използването на тази система е напълно оправдано.

Ето какво казва по този въпрос създателят на първия цифров електронен компютър — Джон Атанасов: „Помня, че бях правил някои пресмятания във връзка с оптималната основа за машинно смятане. Резултатът беше ирационалното число $e = 2{,}71828...$ Разбира се, това не беше възможно, защото основата на една бройна система трябва да бъде цяло число. И така се насочих към бройна система с основа 2 или 3. Практически съображения ме накараха да избера основа 2. Отначало ми се струваше, че идеята ми е оригинална, но по-късно открих, че един французин[1] е препоръчал използването на бройна система с основа 2 в механични сметачни машини.“

В някои по-стари електронни изчислителни машини (ЕИМ) числата се представят в десетичната система, а съответните цифри се кодират в друга бройна система. Най-популярната от тези *смесени* системи, е двоично-десетичната. При нея десетичните цифри се кодират като четирицифрени

1 Атанасов може би има предвид публикуваната през 1936 год. бележка на френския математик Л. Куфинял в списанието „Comptes Rendus“ „Върху употребата на двоичната бройна система в сметачните машини и номомеханичните инструменти.“ — бел. авт.

двоични числа, например: 0=0000, 1=0001, 2=0010, ..., 9=1001, а например 92 би било 10010010 (а не с чисто двоичното представяне 1011100). Този код е известен като естествен двоично-кодиран десетичен код. В някои машини обаче (например Harvard Mark II) се използва разновидност на този код, улесняваща откриването на грешки.

Две са основните причини, направили двоичната система безспорен фаворит при ЕИМ. Първата е използването в компютрите на елементи с две стабилни състояния (включено/изключено, има заряд/няма заряд), втората е нейната пригодност за описание на логическите отношения на Булевата алгебра.

6.2. Теоретични основи на цифровия компютър

Подобно на Готфрид Лайбниц, известният английски математик от XIX век Джордж Бул (1815-1864) вярва, че човешкото мислене се подчинява на закони, които могат да бъдат описани математически. Със своите трудове "Математически анализ на логиката" (1847 год.) и „Изследване на законите на мисленето, върху които са базирани математическите теории на логиката и вероятностите" (1854 год.) Бул утвърждава тезата, че логиката би трябвало да е математическа, а не философска дисциплина и поставя началото на математическата логика. Съществен принос към този нов математически клон дава друг известен английски математик—Огастъс де Морган (1806-1871), който формулира две теореми, даващи връзката между две основни логически отношения в Булевата алгебра И (AND) или ИЛИ (OR).

В основата на Булевата алгебра стоят три логически отношения — И (AND), ИЛИ (OR) и НЕ (NO). На фиг. 2 са дадени техните таблици за истинност (това са таблици, описващи всички възможни състояния на елементите), както и таблицата на друг много често изполван логически елемент — изключващо ИЛИ (EXOR). В тези таблици логическите състо-

И (AND)

A	B	A и B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ИЛИ (OR)

A	B	A или B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

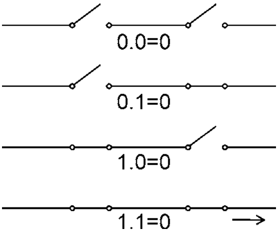
НЕ (NOT)

A	не A
0	1
1	0

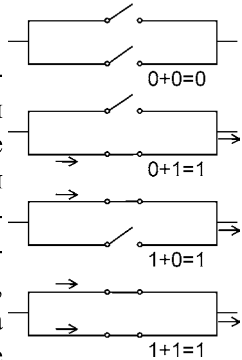
Изкл. ИЛИ (ExOR)

A	B	A ExOR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

фиг. 2
Таблици за истинност на основните логически елементи



фиг. 3
ляво И, вдясно — ИЛИ



яния A и B за удобство са означени с 1 и 0, но със същия успех можехме да използваме например ВЯРНО (TRUE) и НЕВЯРНО (FALSE). Ако например с A означим една особеност на даден предмет (напр. *Портокалът е кръгъл*), а с B — друга (напр. *Портокалът е оранжев*), тогава твърдението *Портокалът е кръгъл И оранжев* ще бъде вярно тогава и само тогава, когато и двете състояния са верни, т. е. това е точно логическото отношение И, описано в лявата таблица за истинност. Аналогично можем да твърдим, че верността на твърдението *Портокалът е кръгъл ИЛИ оранжев* ще бъде описано чрез втората таблица (логическото отношение ИЛИ).

Идеята на математическата логика е чрез комбинацията от трите основни логически отношения И, ИЛИ и НЕ (или някои техни производни) да се изразяват произволно сложни логически конструкции. През последната четвърт на XIX век с усилията на двама известни учени—Чарлз Пърс[1] и Фридрих Фреге[2] се утвърждава от един нов дял от математическата логика—т. нар. логика на отношенията. Пърс дори стига до идеята за машини, които да се основават върху таблиците за истинност и установява, че логическите операции НЕ-И и НЕ-ИЛИ са достатъчни за изразяване на произволни логически връзки. Той предлага да се създаде електрически аналог на аналитичната машина на Бебидж. Неговият ученик Алън Марканд[3] работи върху конструирането на електромеханична логическа машина с релета и двоична памет.

Като цяло обаче този нов и много интересен клон на математиката остава почти непознат на широката публика чак до 1937 год., когато един друг американец — Клод Шенон[4] доказва в докторската си дисертация, че Булевата алгебра и двоичната аритметика могат да бъдат използвани, за да се опише работата на електромеханичните релета, използвани в телефонните превключващи устройства, както и обратното — че можем да създаваме схеми от релета, за да решаваме задачи от Булевата алгебра. Именно

1 Charles Peirce (1839-1914) е известен американски математик и философ, един от създателите на науката за знаците и символите (семиотика)—бел. авт.

2 Friedrich Frege (1848-1925) е доцент по математика от Университета в Йена и германски учен, когото някой хора смятат за най-блестящия философ на човечеството от Аристотел насам—бел. авт.

3 Allan Marquand (1853-1924) е професор по логика, латински език и история на изкуството в Университета в Принстън, известен като създател на няколко логически машини—бел. авт.

4 Claude Shannon (1916-2001) е известен американски инженер и математик, наричан понякога „баща на информатиката“—бел. авт.

тези два постулата стоят в основата на цифровите компютри. Изводите на Шенон са в пълна сила и за тях, защото те също са базирани на елементи с две устойчиви състояния (дали са релета или нещо друго, няма значение).

Нека разгледаме една верига от източник на електрически ток и консуматор, свързани с проводник, върху който има контактни ключове — контакти (напр. релета като тези, използвани доскоро в телефонните централи). Когато контактът е отворен (изключен), това значи, че през него не тече ток и обратно, ако е включен — пропуска ток.

Нека разгледаме два последователно свързани контакта (фиг. 3, ляво). Има четири възможни състояния на веригата, които можем да означим така (ако означим отворения контакт с нула, а затворения — с единица) и съответно за изхода наличието на ток с единица, а липсата — с нула. Ток на изхода ще има само ако и двата контакта са затворени, т.е. показаната схема е реализация на операцията конюнкция (логическо И).

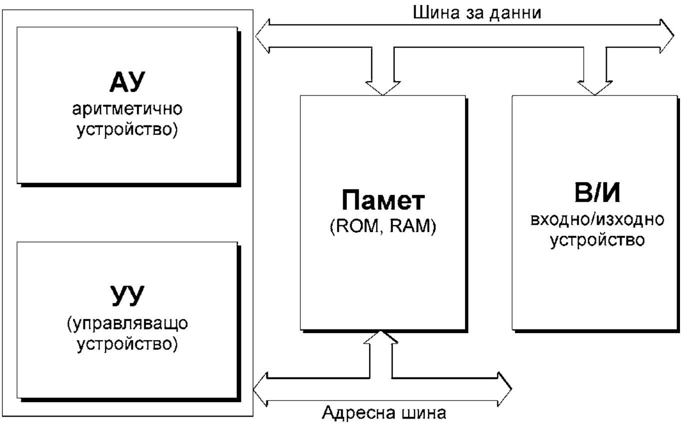
Ако сега променим схемата и двата контакта са свързани успоредно (фиг. 3, дясно), тогава ток на изхода ще има, ако който и да е от двата контакта е затворен. Това е операцията дизюнкция (логическо ИЛИ).

След като разполагаме с азбуката (двоичната аритметика и Булевата алгебра), ако разполагаме с необходимите елементи, ние можем да създадем и опишем произволно сложна цифрова система, а съвременният компютър е точно такава система.

През 1936 год. младият английски математик Алън Тюринг[1] публикува статия, която представлява крайъгълен камък в историята на изчислителните машини. В нея той развива от математическа гледна точка философската концепция на Бебидж за универсалната природа на цифровия компютър и описва между другото т. нар. *машина на Тюринг*, представляваща едно просто абстрактно изчислително устройство, проектирано с цел определяне границите и ограниченията на изчислителните процеси.

Тя се състои от входно/изходно устройство, неограничено количество памет и възможност за изпълнение на който и да е изчислителен алгоритъм (под алгоритъм в случая се разбира крайният брой стъпки, необходими за решаване на дадена задача). Работата на машината се управлява от конфигурация, която съдържа както данни, така и инструкциите за тяхната обработка. Статията на Тюринг дава математическата основа, на която могат да бъдат изградени бъдещите цифрови компютри. Тюринг има голям принос и за създаването на специализираните компютри, използвани при дешифрирането на германския военни кодове, както и в проектирането на първите английски общоцелеви компютри. Гениалният математик е един от първи-

1 Alan Turing (1912-1954) е гениален английски математик, считан за един от бащите на компютърната наука—бел. авт.



фиг. 4
Архитектура на фон Нойман

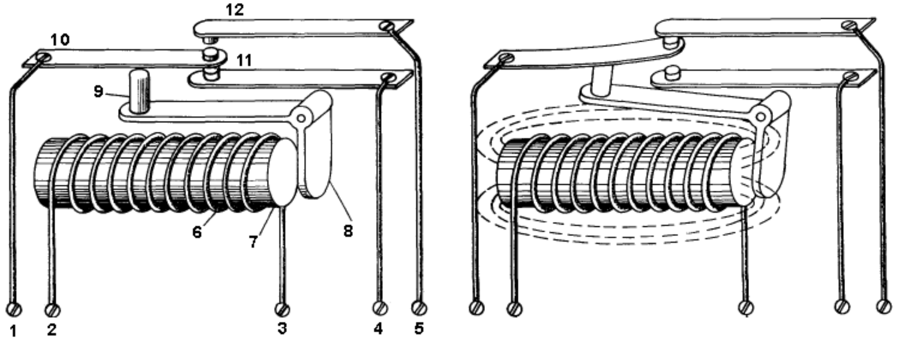
те, който говори за машини с изкуствен интелект, мечтаейки да създаде машина, която „да се учи от собствения си опит и да може да променя програмата, която я управлява", както и да решава задачи, използвайки евристични методи. Той предлага и метод, който сега наричаме *тест на Тюринг*, с който може да се определи дали една машина притежава интелект — човек, който следи диалога между друг човек и машина, да не може да определи кои реплики са на човека, и кои — на машината (в този случай се приема, че машината притежава интелект).

През 1945 год. група учени, най-известния от които е американецът (от унгарско-еврейски произход) Джон фон Нойман (1903-1957), популяризират т. нар. *архитектура на фон Нойман* (фиг. 4), на която са базирани повечето съвременни компютри. Според нея един общоцелеви компютър трябва има четири основни модула: аритметично устройство, управляващо устройство, памет и входно/изходно устройство. Нойман популяризира и (разглежданата още от Тюринг и Цузе) концепция за съхраняваната в паметта на компютъра програма (т. нар. stored program computer)[1].

6.3. Елементи на цифровите компютри

Ключов елемент на електромеханичните компютри на Цузе, Айкън и Щибиц, които ще разгледаме по-късно, е споменатото вече електромагнитно реле. Първото подобно устройство е създадено през 1835 год. от амери-

1 Нойман обаче е считал, че компютрите трябва да се програмират само на машинен език. Когато разбрал, че един от неговите студенти пише асемблер (език, близък до машинния, при който вместо числови кодове на инструкциите при програмирането се използват буквени съкращения), той сърдито коментирал, че „не може да се използва ценно компютърно време за чиновническа работа". При запознаването си през 1954 год. с проекта за първия популярен компютърен език от високо ниво — FORTRAN, Нойман никак не бил впечатлен и сърдито попитал „защо ви е нужно нещо повече от машинен език?". Странна липса на визия за един от гениите на XX век — бел. авт.



фиг. 5

Принцип на работа на електромагнитно реле (вляво — без подадено управляващо напрежение, вдясно — с подадено управляващо напрежение)

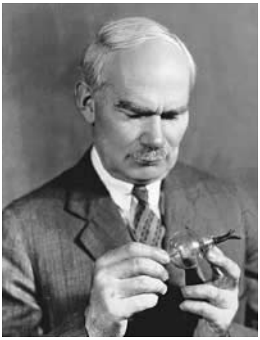
канският физик Джоузеф Хенри[1]. Масовата му употреба започва след разпространението на телеграфа през втората половина на XIX век, където се използва за усилване на сигналите на Морзовата азбука при предаване на дълги разстояния. По-късно основен потребител на релета стават телефонните компании, главно благодарение на изобретението на един собственик на погребално бюро от Канзас[2], който след като имал проблеми с операторките от местната телефонна централа, решава да изобрети устройство, което да ги замести. Какъв е принципът на работа на двупозиционното реле можем да проследим чрез схемата на фиг. 5.

То се състои от три контактни пластини (10, 11 и 12), бобина (6) със стоманена сърцевина (7) и метална котва (8) с пъпка от изолатор (9), която превключва пластините. В нормално състояние на управляващите контакти 2 и 3 не е подадено напрежение и токът тече от контакта 1 (на който постоянно се подава напрежение) през пластините 10 и 11 и контакта 4. Ако на управляващите контакти се подаде напрежение, металната сърцевина на бобината се превръща в магнит, който привлича котвата, тя избутва нагоре пластината 10 и затваря веригата през пластината 12 и контакта 5.

От подобни релета (двупозиционни и многопозиционни) би могло да бъде направен калкулатор, но това устройство едва ли би имало преимущества пред механичните калкулатори. Релетата са големи, често отказват и изискват електрическо захранване, нещо което не може да се каже за зъбните колела и предавки. Когато става въпрос за нещо повече от прости сметки обаче, релейните имат решаващо преимущество пред механичните системи, защото с тяхна помощ лесно се реализират всякакви логически схеми, а и лесно могат да се променят. Свързваме последователно две ре-

1 Joseph Henry (1797-1878) е американски физик и математик, един от най-известните американски учени на XIX век — бел. авт.

2 Алмон Строугър (Almon Strowger) (1839-1902) патентова през 1891 год. автоматична телефонна централа, базирана на релета — бел. авт.



фиг. 6
Ли де Форест и аудиона

лета и вече имаме логическа схема И, свързваме ги паралелно и имаме готова схема ИЛИ и т. н.

Една от най-важните години за цифровата електроника може да се счита 1904 год., когато англичанинът Джон Флеминг[1] създава вакуумния диод. През 1907 год. американският изобретател Ли де Форест[2] добавя още един електрод (решетка) и патентова аудиона — вакуумния триод (фиг. 6). Аудионът може да се използва както като електронен усилвател, така и като комутатор и намира широко приложение в радиопредавателите. Малко по-късно някои учени откриват, че с негова помощ лесно се създават цифрови и логически схеми. През 1919 год. Екълз и Джордан създават първия изработен с помощта на лампи тригер[3]. Англичаните Уин-Уйлямс (1931 год.) и Флауърс (1934 год.) създават сложни електронни цифрови схеми, като системата на Флауърс за управление на телефонни централи е от няколко хиляди вакуумни лампи.

Можем да направим една елементарна аналогия между диода и един водопроводен пропускателен клапан. Клапанът пропуска вода само в една посока, диодът пропуска ток само в една посока. Подадем ли вода с определено налягане (ток) на входа, винаги получаваме на изхода. Триодът вече можем да оприличим с един кран, т. е. за да получим вода (ток) на изхода, трябва не само да подадем вода (ток) на входа, но и да отворим крана (да подадем управляващо напрежение на решетката на триода). Тъй като управляващият ток е много по-малък от изходния, триодът представлява елементарен електронен усилвател, а чрез комбинирането му с други транзистори и елементи могат да се изградят различни видове електронни схеми. Тъй като триодът има две състояния (отпушен/запушен), които се управляват чрез решетката, той е подходящ за изграждане на всякакви логически схеми и елементи.

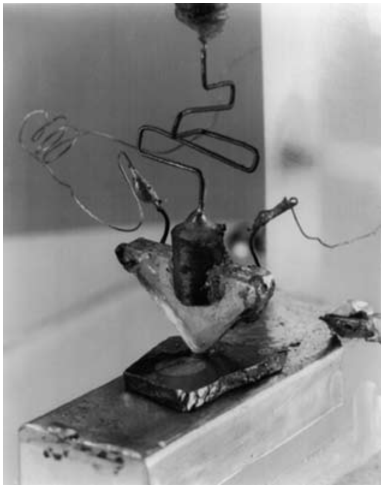
Ако показаните на фиг. 2 логически елементи реализираме с помощта на електронни лампи (вместо с механични или електромеханични елементи), тогава те ще бъдат много по-бързи и надеждни. Както ще видим по-късно, именно с електронни лампи (диоди и триоди) са построени някои от първите ЕИМ. Съвременните компютри обаче са базирани на електронни елементи, създадени от особен вид материали, наречени полупроводни-

1 John Ambrose Fleming (1849-1945) е английски електроинженер и физик, родоначалник на съвременната радиоелектроника — бел. авт.

2 Lee De Forest (1873-1961) е известен американски изобретател, автор на над 300 патента — б. авт.

3 Схема, която се превключва между две стабилни състояния и може да остава във всяко от тях неопределено дълго време, следователно е подходяща за памет — бел. авт.

ци, тъй като полупроводниковите елементи (диоди и триоди-транзистори) са много по-малки, бързи, надеждни и икономични от ламповите си събратя.



фиг. 7
Първият транзистор (1947 год.)

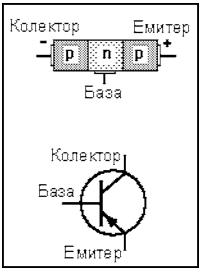
Някои свойства на полупроводниците са били забелязани от учените още през XIX век. През 1915 год. американският физик Менсън Бенедикс открива изправителните свойства на германиевия кристал, а през 1926 год. други двама американски учени — Грондал и Гайгер откриват изправителните свойства на прехода полупроводник-проводник. През 1926 год. германският изобретател Юлиус Лилиенфелд[1] подава заявление за патент на електронен елемент (пълното име на патента е „Метод и апарат за управление на електрически токове“), който удивително много прилича на NPN-преходен транзистор. По-късно Лилиенфилд получава още три патента за подобни устройства.

През 1930 год. американският физик Джон Гудън и инженерите от AT&T Bell Labs[2] откриват принципа на работа на транзистора. Както обаче много често става, за да се направи едно откритие е необходимо не само нечий светъл ум стигне до него, но и да има нужда от това откритие. Затова цялата слава за изобретяването на полупроводниковия транзистор отива при американските учени Шокли, Бардийн и Братейн (за това изобретение учените получават Нобеловата награда по физика за 1956 г.), които през 1947 год. изработват първия транзистор с точков контакт, представляващ малък германиев кристал със златни контакти (фиг. 7). През 1950 год. Шокли изобретява транзистора с биполярен преход, който е много по-надежден и евтин от точковия. През 1954 год. Texas Instruments Co. започва масовото производство на биполярни транзистори, като основен елемент на които се използва силиций (въпреки че германият е с по-добри електрически характеристики, силицият е по-евтин и лесен за обработка).

През 1954 год. Bell Labs изработва първия универсален компютър, из-

1 Julius Edgar Lilienfeld (1882-1963) е известен германски физик и изобретател от еврейски произход, емигрирал в САЩ през 20-те години на XX век — бел. авт.

2 Изследователските лаборатории на фирмата AT&T — Bell Labs са един от водещите изобретателски центрове в света през XX век. Там са направени много изследвания, донесли на създателите си Нобелови награди, патентовани са хиляди открития, между които много компютърни като: първите диодни логически схеми OR и AND (1942 год.), точковия транзистор (1947 год.), първият изцяло транзисторен компютър (TRADIC, 1955 год.), първият модем (1960 год.), първия едночипов 32-битов процесор (1980 год.), операционната система UNIX (1969 год.), езиците C (1973 г.) и C++ (1983 год.), там работят Найкуист и Клод Шенон (едни от създателите на теориите на комуникациите и информацията) и др. — бел. авт.



фиг .8
PNP транзистор

граден изцяло от транзистори—TRADIC. Той съдържа около 800 точкови транзистора и 10000 германиеви диода, заменили електронните лампи, което позволява на машината освен по-добрата скорост (до 1 милион операции/сек) и надеждност, да консумира мощност не повече от 100 W, (само 5% от мощността, която би консумирала, ако беше направена от лампи).

Междувременно се развиват и други технологии, които по-късно ще станат съставни части на всяка ЕИМ.

През 1929 год. считаният от мнозина за един от създателите на телевизията, руснакът Владимир Зворикин[1] демонстрира първия приемник с кинескоп (тази технология все още се използва при компютърните монитори).

Историята на магнитните записващи устройства, без които не можем да си представим никой съвременен компютър, започва с идеята на американеца Оберлин Смит[2], описана в списание Electrical World през 1888 год. Смит предлага да се записва звук от микрофон чрез магнитен прах върху копринена или памучна нишка, но идеята му няма развитие. През 1895 год. датчанинът Валдемар Поулсен[3] опъва стоманен проводник в стаята си и успява да запише върху него чрез електромагнит (и да възпроизведе) някакво подобие на звук. Поулсен прави експерименти и с устройство, приличащо много на съвременните твърди дискове (4,5 инчов стоманен диск със спирална четяща глава), но това откритие е изпреварило толкова времето си, че остава незабелязано.

Когато през 1928 год. германецът Фриц Плоймер представя в Берлин първият магнетофон с магнитна лента (лентови устройства се използват от няколко десетилетия при съвременните компютри), той не успява да го патентова, защото тази идея се покрива от патента на Поулсен. През 1932 год. австриецът Густав Таушек[4] монтира феромагнитен слой върху метален барабан, а на няколко микрометра от слоя поставя четящо/записващи глави, създавайки първия магнитен барабан с капацитет около 500000 двоични цифри (бита). Подобни барабани се използват в някои от първите електронни компютри, на базата на тази технология през 50-те години на XX век са създадени и първите твърди дискове.

---

1 Владимир Зворикин (1889-1982) е помощник на професора по физика от Петербургския технологичен институт Борис Розинг, пионерът на електронната телевизия—бел. авт.

2 Oberlin Smith (1840-1926) е известен американски инженер и изобретател, собственик на над 70 патента в различни области—бел. авт.

3 Waldemar Poulsen (1869-1944) е датски изобретател, известен главно с патентования през 1898 год. т. нар. „телеграфон“—първото в света устройство, използващо магнитен запис—бел. авт.

4 Gustav Tauschek (1899-1945) е известен самоук виенски инженер, работил за IBM, автор на над 200 изобретения—бел. авт.

Нека се върнем към полупроводниковия транзистор и видим как работи. На фиг. 8 е представен един PNP-преходен транзистор, горе — в разрез, долу — схематично означение. Полупроводникът е материал, чиято проводимост в определена област се променя в много широки граници, в зависимост от това, дали към нея е подадено или не управляващо напрежение. В зависимост от това, дали в даден полупроводник преобладават положителните или отрицателните заряди той бива два типа — P-тип (преобладават положителните заряди) и N-тип (отрицателните). Ако поставим парченце P-тип полупроводник между две парчета N-тип ще получим NPN-транзистор и обратно. Ако подадем на единия от трите контакта на един транзистор (т. нар. емитер) захранващо напрежение, тогава към другия контакт (т. нар. колектор), няма да тече ток дотогава, докато не подадем към третия — управляващия контакт (т. нар. база) подходящо управляващо напрежение, което е много по-малко от захранващото. Подобно на вакуумния триод, транзисторът е не само усилващ елемент (слабият сигнал на базата променя природата на полупроводника в областта между емитера и колектора и води до силен сигнал на колектора), но и на негова основа лесно се конструират произволни логически елементи и памети.

фиг. 9
Първата интегрална схема на Килби

През 1958 год. изобретателят от Texas Instruments Co. Джак Килби[1] се досеща (малко преди това да направи сънотечественика му Робърт Нойс), че може да използва едно парченце полупроводник, в което да вгради няколко електронни елемента (фиг. 9). Това парченце той нарича *интегрална схема (ИС)*, а неговото откритие по-късно е обявено за *откритието на века* (за изобретяването на ИС Килби получава Нобеловата награда по физика през 2000 год.) пора-

фиг. 10
Първият калкулатор на Килби, 1967 год.

1 Jack St. Clair Kilby (1923-2005) е известен американски електроинженер и изобретател, собственик на над 60 патента, между които са тези на портативния електронен калкулатор (фиг. 10), който е главният „виновник“ за изчезването на механичните сметачни машини, както и на термалния принтер — бел. авт.

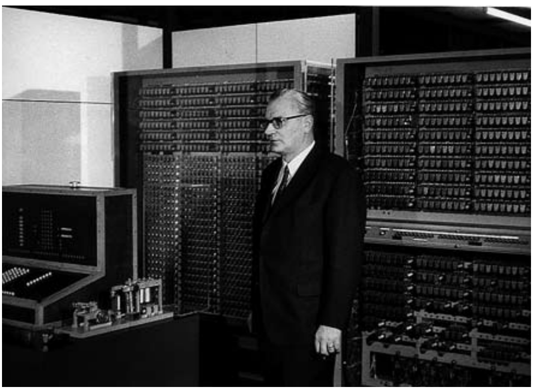
ди изключителното си значение за развитието на цифровата електроника и компютрите. Първата интегрална схема съдържа само два транзистора на няколко десетки квадратни сантиметра площ, но съвременните микропроцесорни чипове (английската дума chip-парченце е синоним на ИС) съдържат десетки милиони транзистори на площ само от няколко квадратни сантиметра.

6.4. Първите релейни компютри

6.4.1. Конрад Цузе (Z2)

Създател на първия релеен компютър (Z2), както и на първия работещ програмируем компютър (Z3) е германският инженер Конрад Цузе (1910-1995) (фиг. 11).

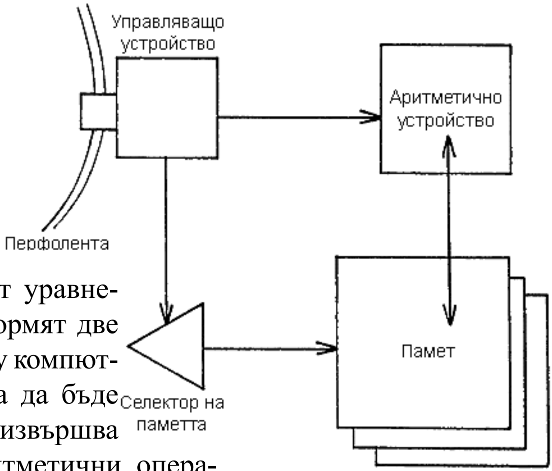
Куно (както го наричат приятелите му) е роден през 1910 год. в Берлин. Скромният младеж завършва средното си образование, без да блести с някакви особени качества, дори и в математиката и през 1928 год. решава да стане строителен инженер (макар че преди това възнамерява да стане художник, тъй като рисува много добре), постъпвайки в Техническия колеж на Берлин, където през 1935 год. се дипломира. Изучавайки проектирането на сгради и пътища като студент, Цузе се сблъсква с необходимостта от решаването на системи от линейни уравнения от висока степен. Това е проблем, който по това време е бил вече много добре изяснен от математическа гледна точка, но необходимите изчисления са доста сложни и трудоемки. Инженерите са ги правили, като са използвали логаритмични линийки, а тези, които можели да си го позволят — механични калкулатори. Дори и с помощта на тези средства обаче на практика решаването на такива системи се ограничавало до система от 6 уравнения с 6 неизвестни, като в тези случаи броят на елементарните аритметични операции е бил толкова голям, че допускането на грешки е било неизбежно. Като пример може да се посочи, че при проектирането на една ЖП гара изчисленията за натоварването на покрива изискват решаването на система от 30 уравнения



фиг. 11
Конрад Цузе и компютъра Z3

с 30 неизвестни, упражнение изисващо няколкомесечния труд на група изчислители, въоръжени с механични калкулатори.

Още в колежа Цузе започва да мисли по начините за автоматизирано изчисление на такива сложни системи от уравнения, като в главата му се оформят две основни черти на бъдещите му компютри: първо — машината трябва да бъде общоцелева, т.е. да може да извършва произволна поредица от аритметични операции, а не специализирана, и второ — тя трябва да може да бъде програмирана (Цузе използва думата *план*, разбирайки под нея точно това, което ние разбираме под *програма*). През 1934 год. Цузе започва да проектира първата си машина (Z1), проектът на която е завършен през 1936 год.



фиг. 12
Схемата на Цузе от 1936 год.

На фиг. 12 е показана схема на Цузе за общоцелеви компютър от 1936 год., която много прилича на аналитичната машина на Бебидж с нейните два основни блока — памет (store) и аритметично устройство (АУ) (mill), както и управлението чрез перфорирана хартиена лента (перфолента). Управляващото устройство (УУ) контролира прехвърлянето на числата към и от паметта, а също така указва аритметичните операции, които трябва да се изпълнят за всяко число, подадено към АУ. УУ се управлява от перфолентата, на която е записана програмата. Междинните резултати от изчисленията също се съхраняват в паметта.

Дипломираният строителен инженер Цузе не е много добър математик, не знае почти нищо за устройството на механичните калкулатори, а в началото не познава и аналитичната машина на Бебидж (Цузе научава за Бебидж едва през 1939 год., когато се опитва да патентова един от механичните модели на машината си). Това обаче се оказва по-скоро предимство, отколкото недостатък, защото му помага още отначало да се откаже от изпитаните схеми и да вземе някои принципно нови решения. Едно от тези решения е използването на двоичната аритметика, взето от Цузе изцяло по механични (целта му е била максимално опростена машина), а не по математически съображения. Като инженер Цузе разбира, че механичен компютър, базиран на елементи с две състояния е много по-надежден и прост за изработка, (но затова пък по-обемист) от десетичните си аналози. Друго негово

фиг. 13
Z1 в апартамента на родителите на Цузе

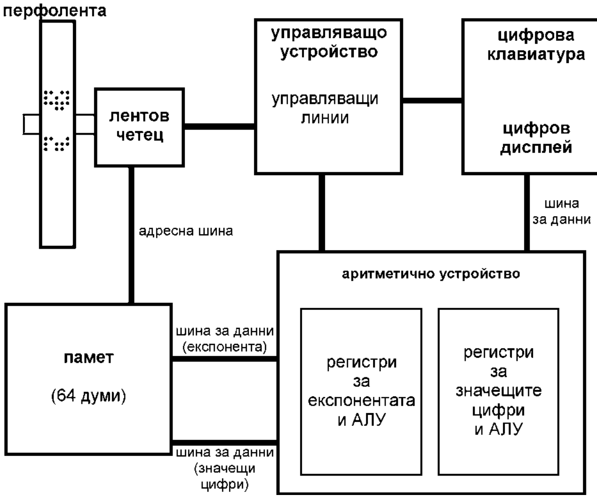
съображение е, че подобни елементи са по-подходящи от десетичните и за изработката на аритметичното и управляващото устройство, които всъщност представляват логически апарати и действието им може да се опише с помощта на двоичната бройна система и математическата логика. Цузе избира двоичната бройна система като основа за своя компютър и под влиянието на Dyadik (двоичната бройна система) на Лайбниц, с която е бил запознат. Друго интересно решение, което взема Цузе, е машините му да обработват числа с плаваща десетична запетая, нещо по което неговите компютри се различават от останалите ранни компютри като ABC, Mark I и ENIAC, които обработват числа с фиксирана запетая.

През 1936 год. вечер след работа (по това време той е инженер в берлинската самолетна фабрика Henschel, където се занимава с изчисления на натоварването), в импровизирана работилница в апартамента на родителите си (фиг. 13) Цузе започва изработката на първия си компютър. Отначало се заема с паметта, която има 64 клетки, всяка от които с капацитет 22 двоични цифри. Устройството ѝ е на чисто механичен принцип, базиран на издълбани в метални платки жлебове, в които влизат щифтове. Позицията на щифта в съответния жлеб определя двоичната цифра. Платките са три вида: първата съдържа жлебовете и щифтовете, задаващи цифрите; втората — т. нар. платка за четене/запис влиза в контакт с първата платка, като по този начин може да „прочете" позицията на щифтовете (информацията) или да придвижи щифтовете, като по този начин да „запише" информация; третата е разположена перпендикулярно на втората и активира функциите за четене/запис. Това просто устройство на паметта позволява на Цузе и неговите приятели, които му помагали, без да са опитни механици и да разполагат със специални инструменти, да успеят да изработят една доста надеждна (макар и бавна) памет.

Изработката на аритметичното устройство (АУ) не се оказва толкова лесно. Тук вече липсата на опит и знания в областта на сметачните машини на Цузе се оказва проблем. За да проектира АУ му се налага да разработи своя собствена система за символично означение (ако беше запознат със системата на Бебидж, щеше да има „летящ старт“), като за основа използва системата за описание на конфигурации от електромагнитни релета. Цузе нарича своята система „условна комбинаторика“ (*bedingungskombinatorik*) и я базира на познатите от булевата алгебра три основни логически операции — И, ИЛИ и НЕ. През 1938 год. изобретателят успява да завърши механичните управляващо и аритметично устройства и ги съединява към готовата памет. АУ има два регистъра, предназначени за временно съхраняване на числа. Цузе нарича машините си „V1“, „V2“, V3“ и т. н. (от първата буква на немската дума *Versuchsmodell*, която означава „експериментален модел“), но след войната ги преименува на „Z1“, „Z2“ и т. н. (от първата буква на фамилията си — Zuse), за да избегне приликата с известните германски ракети „V-1“ и „V-2“, които навяват много неприятни спомени на някои европейски народи.

Машината Z1 се състои от близо 20000 части, задвижва се от електромотор (1 kW мощност) и тежи около 500 кг. Тя работи с честота 1 цикъл/секунда (или 1 Hz), а умножението на две числа изисква около 5 сек. Въвеждането на числата става чрез десетична клавиатура, след което те се преобразуват в двоични и влизат в паметта. Резултатите се отчитат също в десетичен вид на табло с лампички. Работата на машината е достатъчно надеждна, за да убеди своя създател, че е на прав път. Цузе обаче разбира, че механичните елементи са подходящи за изработката на паметта, но не и за останалите модули. Един негов състудент, помогащ му за изработването на V1—Хелмут Шрайер, му предлага да използват телефонни релета. Двамата приятели успяват да се снабдят с евтини използвани релета и ги подготвят за употреба. Друга важна идея, която Шрайер дава на Цузе е да замени хартиената перфолента с използвана филмова лента (Хелмут работил и като кинооператор, така че разполагал с неограничено количество бракувана лента), затова когато през 1938 год. Цузе започва работа по новия си компютър, станал по-късно известен с името Z2, той има механичната памет на Z1, аритметично и управляващо устройства, изработени от релета и програмно управление, базирано на перфорирана 36-милиметрова филмова лента. Машината е по-бърза (3 Hz), а паметта е намалена до 16 клетки по 16 бита всяка. Обработваните числа са с фиксирана десетична запетая, въвеждат се чрез десетична клавиатура. За изработката на АУ са използвани 200 релета.

След завършването и успешната демонстрация пред група учени на Z2 изобретателят започва работа по нов компютър, изцяло базиран на реле-



фиг. 14
Схема на Z3

та. Това вече е сериозен проект (за разлика от Z1 и Z2, които могат да бъдат считани за „експериментални“ модели) и когато през 1941 год. машината (станала по-късно известна под името Z3) е готова, това представлява първият работещ програмируем компютър в света.

Преди да разгледаме по-подробно устройството на Z3, нека кажем още няколко думи за невероятно талантливия помощник на Цузе — Хелмут Шрайер. Още когато се запознава с Цузе през 1937 год. Шрайер му подхвърля идеята да направи машината си с електронни лампи, но Конрад не го взима на сериозно и му казва: „Ти май си пил твърде много шнапс!“. Шрайер обаче не се отказва и решава да създаде машина, базирана на проекта на Цузе и на двоичната аритметика, но с помощта на електронни лампи. След като по-късно и военните отхвърлят проекта му за създаването на многофункционален програмируем електронен компютър, съдържащ над 1500 електронни лапми (през 1941 год. германците са били убедени, че за година-две ще спечелят войната, така че защо да финансират толкова дългосрочен проект), той успява все пак да получи подкрепата на Службата за авиационни изследвания, която му поръчва устройство, преобразуващо трицифрени десетични числа в двоични и обратно. Използвайки новите лампи на Telefunken, Шрайер прави една много надеждна и бърза (10 KHz) схема със 150 лампи, извършваща трите основни логически операции — И, ИЛИ и НЕ.

От логическа и функционална гледна точка машините Z1 и Z3 са едни и същи. И двете машини работят с числа с плаваща десетична запетая. От гледна точка на архитектурата им обаче има някои малки разлики, защото Z3 (за разлика от Z1) може да извършва операцията извличане на квадратен корен, използва допълнителен бит за мантисата на числата и ѝ са необходими по-малко машинни цикли за извършване на инструкциите.

За изработката на Z3 са необходими общо 2600 релета (1800 за паметта, 600 за АУ и 200 за филмовия четец, клавиатурата и дисплея), както и 8 многопозиционни релета (ключове).

Както се вижда от фиг. 14 АУ (аритметичното устройство–процесора) е отделено от паметта. Паметта и АУ са свързани чрез шина за данни, по която се предават числата. Управляващото устройство синхронизира работата на процесора, паметта и В/И устройства. Действието му се базира на вид микропрограмно управление, като за тази цел се използват специални управляващи колела, по чиято периферия има контакти, влизащи в контакт с проводящо лостче. Четецът на лентата подава кодовете на операциите, които трябва да бъдат изпълнени, както и адресите на клетки от паметта.

Паметта е двоична (релета), с произволен достъп и може да съхранява до 64 числа с дължина 22 бита. Цузе нарича своя вариант за представяне на числата "полулогаритмичен". Първият бит е за знака, следващите седем са за експонентата, останалите 14 са за мантисата на числото.

Числата се въвеждат чрез клавиатура, а резултатите се показват на лампов панел. Както при въвеждането, така и при четенето се използват десетични числа с плаваща точка. На панела има отделни лампи за някои специални резултати като: препълване, нулев резултат, ирационален резултат, деление на нула, безкрайност и т. н.

Програмите се четат от перфорираната филмова лента. Всяка инструкция се кодира чрез осем бита (т.е. може да има до осем дупки на лентата, подредени в две редици една под друга). Наборът от инструкции се състои от девет инструкции от три вида: две входно/изходни (*четене от клавиатурата* `Lu` и *показване на резултата* `Ld`), две за управление на паметта (*четене от адрес* `Pr z` и *запис на адрес* `Ps z`, където `z` е адрес от паметта) и пет аритметични (*умножение* `Lm`, *деление* `Li`, *квадратен корен* `Lw`, *събиране* $\mathtt{Ls}_1$ и *изваждане* $\mathtt{Ls}_2$).

Както сигурно забелязахте, между инструкциите липсва такава за условен преход, което означава че Z3 не може да се нарече общоцелеви компютър, защото не може да изпълни всеки изчислителен алгоритъм. Същото обаче може да се каже и за следващите компютри (ABC на Атанасов, H-Mark I, M-Mark I или ENIAC). Очевидно едно от необходимите условия, за да може един компютър ефективно да работи като общоцелева машина, е да може да съхранява програмата в паметта си, а не да я чете от външно устройство (макар че още Бебидж беше предвидил възможност на своята *аналитична машина* за изпълнение на условен преход). Цузе споменава, че е разглеждал още в първите си проекти възможността за съхраняване в паметта не само на данни, но и на програми, но е счел, че „паметтта е твърде ценна, за да се хаби за запис на програми".

Първите два бита на инструкциите за паметта са за код на операцията, останалите шест са за адреса на думата, за да може да се покрие ад-

Инструкция	Действие
Lu	Чака число за a_1 от клавиатурата
Ps 000001	Записва числото a_1 в клетка 1
Lu	Чака число за a_2 от клавиатурата
Ps 000010	Записва числото a_2 в клетка 2
Lu	Чака число за a_3 от клавиатурата
Ps 000011	Записва числото a_3 в клетка 3
Lu	Чака число за a_4 от клавиатурата
Ps 000100	Записва числото a_4 в клетка 4
Lu	Чака число за x от клавиатурата
Ps 000101	Записва числото x в клетка 5
Pr 4	Зарежда a_4 в R1
Pr 5	Зарежда x в R2
Lm	Умножава R1 и R2, резултатът се записва в R1
Pr 3	Зарежда a_3 в R2
Ls_1	Събира R1 и R2, резултатът се записва в R1
Pr 5	Зарежда x в R2
Lm	Умножава R1 и R2, резултатът се записва в R1
Pr 2	Зарежда a_2 в R2
Ls_1	Събира R1 и R2, резултатът се записва в R1
Pr 5	Зарежда x в R2
Lm	Умножава R1 и R2, резултатът се записва в R1
Pr 1	Зарежда a_1 в R2
Ls_1	Събира R1 и R2, резултатът се записва в R1
Ld	Показва резултата

фиг. 15
Програма за Z3

ресното пространство от 64 думи (2^6). След изпълнението на някоя от двете входно/изходни инструкции машината спира и чака оператора да въведе число от клавиатурата или да си запише резултата (ако е необходимо), след което продължава със следващата инструкция.

Както всички компютри на Цузе, Z3 е синхронна машина, т.е. работата ѝ се дели на цикли. Честотата на машината се задава от скоростта на въртене на един барабан, при всеки оборот на който се подава напрежение (60 V прав ток) към релетата. Например изпълнението на инструкцията умножение изисква 16 машинни цикъла и според Цузе става за около 3 секунди. От тук можем да изчислим скоростта на въртене на барабана (5,33 об/сек), казано в съвременни понятия тактовата честота е равна на 16/3=5,33 Hz. Делението се изпълнява за 18 цикъла, извличането на квадратен корен — за 20 цикъла, събирането — за 3 цикъла, изваждането — за 4 (или 5) цикъла и т. н.

АУ има два регистъра (R1 и R2), в които могат да се четат числата от паметта. Първата инструкция четене от паметта зарежда числото от указания адрес в R1, следващите подобни инструкции вече зареждат в R2. Инструкцията четене от клавиатурата зарежда числото от клавиатурата в R1 и нулира R2. Аритметичните инструкции не съдържат аргументи в кода си, а работят с подразбиращи се регистри, както следва:

Умножение `R1:=R1.R2`
Деление `R1:=R1/R2`
Събиране `R1:=R1+R2`
Изваждане `R1:=R1-R2`
Кв. корен `R1:=sqrt(R1)`

Нека например напишем една програма за изчисляване на полином по метода на Хорнер:

$x(a_2+x(a_3+xa_4))+a_1$

Изпълняваме инструкциите, описани в таблицата на фиг. 15. След изпълнението на последната инструкция процесорът се връща в начално състояние.

Оператор 1

	P	+ P	⇒ R
V	0	1	0
S	1.n	1.n	1.n

Оператор 2

	Z	+ 1	⇒ Z
V	2		2
S	1.n		

фиг. 16
Оператори от Plankalkül

Разбира се, командите на разгледаната по-горе програма се въвеждат чрез перфолента с кодовете на операциите, а не чрез символните имена на инструкциите, дадени в таблицата (напр. операцията `Lu`-четене от клавиатурата се въвежда чрез 8-битовия двоичен операционен код 01110000, т.е. 3 дупки на втора, трета и четвърта колона от първия ред на инструкцията).

Тъй като е бил твърде зает с апаратната част на компютрите си, Цузе се обръща към Института за слепи в Берлин да му препоръчат някой техен член-математик. Така се появява първият професионален програмист в света — Арнолд Фаст, когото Цузе наема да му помага при писането на програми.

През 1944 год. Цузе започва разработката на първия език от високо ниво, наречен Plankalkül (от plan calculus–план на изчисленията), предназначен по неговите думи не само „да даде възможност за чисто формално описание на която и да е изчислителна процедура“, но и „да решава логически задачи“. Тъй като Цузе счита шахматната игра за класически пример на комбинаторни и логически задачи, той посвещава цяла глава в написаната си през 1945 год. монография за Plankalkül на програмирането на шахматни програми. Какви са особеностите на този език?

Езикът е двумерен, т. е. инструкциите се четат не само отляво-надясно, но и отгоре-надолу. Всяка програмна инструкция се състои от три или повече реда. На първия ред се отляво надясно се задават входните променливи, операцията и изходните променливи. На втория ред (означаван с *V*) се задават идентификаторите (индексите) на променливите. Ако има трети ред (означен с *K*), на него се задават индексите за отделните компоненти на структурните променливи (ако има такива). На последния ред (означен с *S*) се задава типа на променливата (напр. тип *1.n* означава скаларен тип). Ако типът е зададен в предишен оператор, той (редът *S*) може да се пропусне в текущия. Ето как например (фиг. 16) бихме означили следните две операции:

$P_0+P_1=R_0$

$Z_2+1=Z_2$

За *превеждането* на операторите в машинен код Цузе проектира специална машина-компилатор, която нарича *Programmatic*. Тя обаче никога не е била изработена, защото когато Z4 е инсталирана в Цюрих през 1950 год.,

фиг. 17
Z4 в Цюрихския Технически Институт

един от програмистите — Хайнц Рутисхаузер се досеща, че ролята на компилатор може да играе самата Z4 — първо да преведе на машинен код програмата от високо ниво (естествено, първо трябва да се напише на машинен език програма-компилатор), след което да изпълни кода. Въпреки *не-фон Неймановата* същност на Plankalkül, както Цузе, така и други автори виждат в него предшественик на първите популярни алгоритмични езици като Fortran и Algol поради следните общи черти: понятието за променлива, включващо деклариране и присвояване на стойност; понятието за подпрограма от функционален тип; условно или повтарящо се изпълнение на програми или подпрограми.

След завършването си през 1941 год. Z3 е била изпробвана за тестови задачи като изчисления за надеждност на самолети, системи от линейни уравнения и др. Прототипът е разрушен по време на бомбардировките над Берлин през пролетта на 1945 год. На фиг. 9 е показан реконструираната от Цузе през 1961 год. машина. През 1942 год. Цузе конструира за нуждите на самолетната компания, в която работи, една специализирана релейна машина, наречена S1 (по-късно разработва усъвършенстван модел — S2). Компютърът заменя труда на повече от 30 човека-изчислители с механични калкулатори и подпомага конструирането на германските управляеми бомби HS-293, използвани в края на войната.

След успешната демонстрация на Z3 пред група учени, през 1942 год. Цузе се заема с конструирането на следващия си компютър — Z4 (фиг. 17), първоначално предназначен за конструирането на самолети. Запазвайки устройството и функционалността на Z3, Цузе въвежда следните промени: капацитетът на паметта вече е 1024 клетки, а дължината на думата — 32 бита. Освен това Цузе се отказва от обемистата релейна памет и се връща към механичната памет на Z1, намалявайки с близо 2/3 обема. Честотата на машината е увеличена до 30 Hz. Изходящото устройство е пишеща машина. Машината консумира мощност 4 kW и тежи около 1 тон.

Наборът от инструкции е разширен, като вече има инструкция за условен преход. В тази машина Цузе иска да осигури възможност за изпълнение на подпрограми, затова я проектира със шест лентови четци и два перфоратора. Други интересни новости, преоткрити от другите изобретатели след десетилетия са: предварителното четене и евентуална промяна на реда на изпълнение на инструкциите (look-ahead) — инструкциите се четат по две, като ако втората се окаже свързана с четене или запис в паметта, тя може да бъде изпълнена първа, за да се спести време; псевдо-памет — ако look-ahead механизмът открие, че числото, което трябва да бъде записано в паметта, ще бъде необходимо за някоя от следващите две инструкции, то остава в някой от двата регистъра от механични контакти, откъдето може да се извлече без губене на време.

При евакуацията си от Берлин през 1945 год. Цузе успява да вземе със себе си прототипа на Z4, който след войната усъвършенства и през 1950 год. продава първият екземпляр на Цюрихския Технически Институт, където машината работи перфектно няколко години. Това е първата продажба на компютър в света, дотогава подобни машини са създавани само по военни и академични поръчки и финансирани с публични средства.

През 1949 год. Цузе основава собствена фирма (Zuse KG) за производство на компютри, която започва да произвежда релейни компютри — Z5, ..., Z11. През 1955 год. Цузе конструира машината Z22, в която релетата са заменени с електронни лампи, а по-късно разработва и един от първите транзисторни компютри — Z23. Фирмата се развива успешно до края на шестдесетте години, когато е погълната от концерна Сименс. През 1958 год. Цузе проектира паралелен компютър, който обаче не бил изработен. Т. нар. Feldrechenmaschine (полева изчислителна машина) се състои от 50 паралелно работещи процесора.

Въпреки че изпреварва с години американските си колеги, които се считат за родители на съвременните компютри, гениалният изобретател Конрад Цузе не оказва почти никакво влияние върху развитието на тази техника. Поради трудното време, в което са създадени, неговите изобретения стават известни десетилетия след създаването им, а в света на компютрите това е много време.

6.4.2. Хауърд Айкън (Harvard Mark I)


фиг. 18
Хауърд Айкън

Хауърд Хедуей Айкън (1900-1973) (фиг. 18) е роден в Хобокън, Ню Джърси. През 1919 год. завършва средното си образование в техническо училище в Индианаполис и на следващата година започва да учи електроинженерство в университета в Медисън, Уисконсин. Тъй като баща му умира рано и семейството му живее оскъдно, Хауърд започва да работи още докато е в училището и продължава да работи нощна смяна и докато учи в университета. През 1923 год. получава бакалавърска сте-

фиг. 19
Mark I, изглед отдясно

пен, след което осем години работи за различни фирми. През 1931 год. решава да продължи образованието си и записва физика в Харвард, където получава магистърска степен през 1937 год. и докторска през 1939 год. По време на работа върху магистърската си дисертация в областта на токовете, протичащи през вакуумните електронни лампи, Айкън се сблъсква със сериозен проблем—някои изчисления му отнемат страшно много време, а други просто се отказва да прави, въпреки механичния калкулатор, който използва. Затова през 1936 год. той решава да построи автоматичен калкулатор.

Първоначално той изчита всичко, което успява да намери за механичните калкулатори от времето на Паскал дотогава, като особено силно впечатление му правят машините на Чарлз Бебидж. След това се запознава и с перфокартните калкулатори на IBM. През 1935 год. фирмата пуска в производство успешния си електромеханичен умножител IBM 601. Това е първата в света изчислителна машина, чието аритметично устройство е направено от релета. Машината умножава две числа за около секунда, а IBM успява да продаде над 1500 бр. от нея. Тези машини обаче не могат да се програмират и се управляват от специални платки, които трябва да се сменят за различните изчисления. Следователно това, което трябва да се направи да се увеличи капацитета на тези машини и да се измисли начин за автоматично управление.

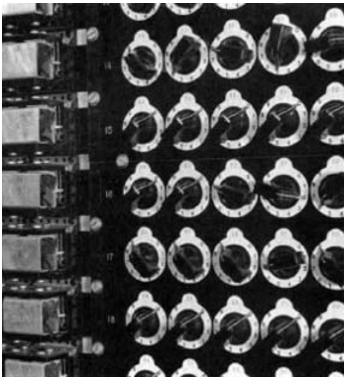
През 1937 год. Айкън написва една статия, в която след като се спира на неуспешния опит на Бебидж да създаде подобна машина (аналитичната машина) през XIX век, описва изискванията, на които трябва да отговаря неговият компютър: главното е, че устройствата за въвеждане и извеждане на информацията и аритметичното устройство трябва да бъдат свързани последователно, така че да могат да се управляват програмно. Машината трябва да работи както с положителни, така и с отрицателни числа и да има възможност да използва предварително създадени таблици с често срещани функции като синуси, косинуси, логаритми, вероятностни функции и др. Машината трябва да може автоматично да увеличава стойността на дадена променлива след изпълнение на последователността от действия,

фиг. 20
Mark I, изглед отляво

изчисляващи една стойност на функцията. Айкън описва и как може да бъде създадена подобна общоцелева машина, като се използват няколко основни компонента: устройство, извършващо четирите основни аритметични операции; четец на перфоленти или перфокарти; перфоратор на карти и пишеща машина за извеждане на информацията; устройство за съхранение на междинните резултати в механични регистри. Айкън предвижда машината да може да обработва числа с 23 десетични знака. Като се добави един символ за знак, значи са необходими регистри за 24 знака. За разлика от Цузе, който използваше двоична аритметика и числа с плаваща запетая, Айкън се спира на десетично представяне на числата с фиксирана запетая. Ако разгледаме един числов регистър, в най-левия разряд ще бъде означен знака на числото, следващите дванадесет разряда са за цялата част, следващите девет са за дробната и накрая остават два резервни разряда, който се закръглят в крайния резултат.

След като начертава схема на машината си Айкън започва да търси производител. Първо се обръща към няколко фирми, произвеждащи механични калкулатори като Marchant, Monro и NCR, но всички му отказват. Получавайки препоръка от свой колега, в края на 1937 год. Айкън успява да влезе в контакт с един от главните изобретатели на IBM—Джеймс Брайс, чиято ценна подкрепа успява да получи. Заради препоръката на своя най-добър изобретател, президентът на IBM Томас Уотсън се съгласява да построи машината и да я подари на Харвард. Този щедър жест на IBM (по първоначални прогнози машината е трябвало да струва 300000 долара, но реално е погълнала почти милион, една огромна за времето си сума, част от която обаче плащат военните) се оказва една чудесна инвестиция в бъдещето за голямата фирма. IBM не само си прави реклама чрез изработения от нея компютър, но и се сдобива с необходимите хора и технологии, за да се превърне в следващите десетилетия в играч номер едно в компютърната промишленост.

Към Айкън са прикрепени група от най-опитните инженери на IBM, а в изработването на различните модули са използвани модерни технологии и патенти на фирмата. Идеите на Айкън и възможностите на IBM



фиг. 21
Ключовете за въвеждане на константи на Mark I

се оказват печелившата комбинация. До този момент фирмата разработва и произвежда главно механични перфокартни изчислителни машини, но има опит и в разработката на електромеханични и електронни изчислителни устройства. Трябвало е обаче да дойде външен човек като Айкън, който да им каже, че тези устройства трябва да бъдат свързани и програмирани, за да се получи нещо принципно ново. Разработката на машината, наречена ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator) започва през 1939 год. По-късно машината е прекръстена на Harvard Mark I, под което име е известна в наши дни. Първата практическа задача готовата машина решава през януари, 1943 год., а пред широката публика е демонстрирана чак през август, 1944 год.

Машината е дълга 15 м, висока 2,5 м и тежи около 5 тона. Състои се от над 765000 отделни части, от които 3000 десетични цифрови колела, 225 електрически прекъсвачи, 2 пишещи машини, 4 механизма за четене на перфолента, един перфоратор на карти и др. Задвижването се осъществява чрез голям електромотор, който върти метална ос, преминаваща през цялата конструкция на машината и синхронизираща работата на отделните механични модули чрез вериги от предавки. Оста прави един оборот за около 300 mS (т. е. тактовата честота на машината е около 3,33 Hz).

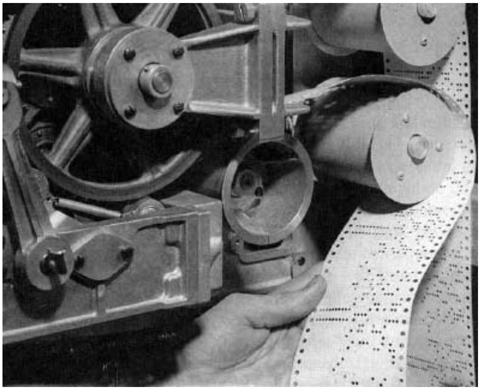
Подобно на другите механични калкулатори основен елемент на машината са десетпозиционни колела, които съхраняват числата. Четенето на записаната в дадено колела цифра става чрез закрепената към него контактна четка, която при определена позиция влиза в контакт с проводник и по този начин показва записаната в колелото цифра. Записването или добавянето на цифра към колелото става, като чрез специална предавка се предава движението от въртящата се главна ос към колелото за определен период от време. Тъй като оста се върти само в едната посока и няма предавки за обръщане на посоката на въртене към цифровите колела, изваждането става чрез добре познатия вече от механичните калкулатори метод „с допълване до 9“.

На показаните на фиг. 19 и 20 снимки можем да различим седемте основни модула на машината, които отляво надясно са:

1. Две секции със 60 регистри за константи, въвеждането на числата в които става чрез десетпозиционни ключове с циферблати (фиг. 21).

2. Седем секции със 72 броя 23-цифрови акумулатори (Айкън нарича

така регистрите на компютъра си, защото в тях освен съхранението на числа може да се извършва събиране и изваждане).



фиг. 22
Лентов четец на Mark I

3. Три секции с аритметичното (умножаващо/делящото) устройство (АУ). Както вече споменахме, събирането и изваждането става директно в акумулаторите.

4. Две секции с функционалните броячи. Управляват интерполацията на функциите и изчислените логаритми, антилогаритми, тригонометрични функции и отпечатването.

5. Три секции с интерполатори, (всяка с отделен четец на перфолента), чрез които се въвеждат данните за необходимите за изчисленията функции.

6. Една секция за контрол на последователността. Управлява работата на машината при решаването на задачите.

7. В най-дясната секция са електрическите пишещи машини, четецът на перфолента за командите и перфораторът на лента. Пишещите машини отпечатват крайния отговор на задачите. Четецът на лента подава към машината необходимите за решаването на задачата команди. Перфораторът на карти автоматично перфорира карти с данните.

Седемдесет от акумулаторите са общоцелеви, два от тях са със специални функции, като особено интересен е последният, даващ възможност на машината да изпълни нещо като условен оператор, след като сравни две числа. Истинска възможност за условен преход обаче е добавена към Mark I едва след 1945 год., когато се добавя втори четец на лента за командите.

Събирането и изваждането стават директно в акумулаторите, така че за тях е необходим само един машинен цикъл (300 mS).

Умножението се извършва не чрез последователно събиране, както в повечето механични сметачни машини, а по начин, предложен още от Бебидж за аналитичната машина: когато умножаващото устройство прочете множимото, то веднага изчислява деветте негови произведения с числата от 1 до 9 и ги записва в акумулатори. След това прочита множителя и едно по едно извлича съответните произведения от акумулаторите и ги събира, като естествено премества разряд наляво за десетиците, стотиците и т. н. Тъй като умножението на най-големите възможни числа отнема до 20 машинни цикъла, то може да трае до 6 сек (20.0,3).

Делението използва същата схема като умножението с тази разлика, че има допълнителна схема за последователно изчисление на цифрите на частното. То може да отнеме до 38 цикъла (т. е. 11,4 сек). По-сложните математически операции като логаритмуване и изчисляване на синус могат да отнемат съответно 228 (68 сек) и 199 цикъла (60 сек).

Работата на машината може да се програмира по два начина. Единият е чрез специалното контактно табло, в което чрез превключвачи се променят връзките между модулите. Това обаче не е желателно да се прави често, защото по този начин се променя логиката на работа на машината. Представяте ли си например да имате компютър, на който работите няколко човека, всеки от които може да променя логиката на действие. Ако аз днес реша да променя нещо чрез таблото, за да ми работят по-бързо програмите, утре може да се окаже, че програмите на колегите не работят (дано да съм отпуск в този момент). Затова реалното програмиране става чрез перфолента по следния начин:

Програмистът-математик подготвя задачата, използвайки специална кодова книга и подава информацията на оператора, който перфорира необходимите ленти. Както управляващите ленти, така и лентите с функционални стойности се подготвят на специален перфоратор и естествено могат да се събират в нещо като библиотека, за да се използват многократно.

Лентата, която се използва за кодирането на данните и командите е 24-колонна (фиг. 22), т. е. на един ред може да има до 24 перфорации. За кодирането на данните са необходими 4 реда, защото за всеки разряд от числото са отделени по 4 колони, разрядите са 24 (един за знак, останалите за цифри), значи общо 96 колони, което е 4 реда. За кодирането на всяка команда е достатъчен 1 ред, разделен на три части по 8 колони. В първата част (т. нар. out-field) се указва от кой регистър да се вземе операнда. Във втората част (in-field) се указва къде да отиде резултатът от операцията. В третата част (op-field) се задава код на операцията, ако е необходим (при събиране и изваждане например не е необходим, защото акумулаторите сумират автоматично). Осемте дупки са предостатъчни (защото 2^8=256) за указване на адреса на някой от 72-та регистър-акумулатора, 60-те константни регистъра или други устройства, които могат да се адресират, като пишещи машини, перфоратори и т. н.

Айкън е може би първият компютърен изобретател, който обръща специално внимание на проблема с точността и корекцията на грешки при изчисленията. Той си дава сметка, че грешки дължащи се на неточност във формулите, на закръглянето на числата (все пак те са 23-разрядни, а не безкрайно-разрядни) или на операторска грешка са трудни за избягване. Въпреки че машината не разполага със схеми за откриване на механични или електрически проблеми при изчисленията, Айкън предлага проверката за надеждната ѝ работа да се извършва, като се изчисли стойността на дадена функция по стандартния начин (директно по формулата) и чрез метода на крайните разлики (отново влиянието на Бебидж) и двете стойности да се сравнят в 72-ри регистър.

Първоначално Mark I е използван за военни цели, включително и за математическа симулация на експлозията на първата атомна бомба, а по-късно — за изчисляване на таблици с функции. Машината работи до 1959 год., когато е демонтирана.

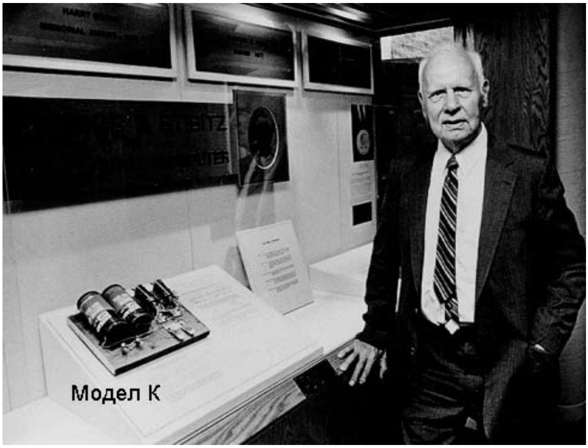
След завършването на Mark I Айкън продължава да участва в създаването на компютри, но вече без помощта на IBM, тъй като отношенията им се влошават. През 1947 год. се появява Mark II, който е базиран почти изцяло на електромагнитни релета (13000 на брой) и поради това е много по-бърз, например с него умножението се извършва за 750 mS, осем пъти по-бързо от Mark I.

През 1949 год. се появява Mark III, в който вече част от модулите са изградени от електронни лампи и това води до още по-голямо увеличение на скоростта (умножението вече изисква само 13 mS). Компютърът съдържа 5000 вакуумни триода и 1500 полупроводникови диода. Паметта му е с магнитни барабани, на които се съхраняват както програми, така и данни (но отделно, разделение което става известно като архитектура тип Харвард), така че машината вече се доближава до концепцията на фон Нойман за stored-program компютър.

Последният компютър, създаден с участието на Айкън е Harvard Mark IV, завършен през 1952 год. Той е доста по-бърз от Mark III главно благодарение на феромагнитната си памет.

6.4.3. Джордж Щибиц (Bell Labs Model I)

Както вече споменахме, най-сериозният потребител на електромагнитни релета в началото на XX век стават телефонните компании, които ги използват за превключване в телефонните централи. Инженерите, проектиращи превключващите схеми всъщност разработват сложни логически мрежи. Научната лаборатория Bell Laboratories, създадена за да прави изследвания за американската фирма AT&T Co. натрупва значителен опит в конструирането на такива схеми. През 1937 год. един от математиците, работещи в нея — Джордж Робърт Щибиц (1904-1995) си тръгва една вечер към къщи с две релета, две лампи, две акумулаторни батерии и метални ленти за клавиши, настанява се на кухненската си маса и набързо сглобява един двоичен суматор (съпругата му нарича устройството Модел-К,



фиг. 23
Джордж Щибиц и Модел-К

от Kitchen-кухня). Когато обаче на следващия ден показва своето устройство на колегите си (фиг. 23), те никак не са впечатлени, дори пускат шеги по негов адрес и му заявяват, че ако реши да направи двоичен релеен калкулатор, той ще изисква стотици релета, ще стане огромно и много по-скъпо устройство от механичните си събратя. Идеята на Щибиц обаче е да направи машина, която да изпълнява автоматично серия от операции и след разговор един свой колега-математик той решава да създаде специализиран релеен компютър за изчисления с комплексни числа. Работата е там, че на инженерите и математиците в лабораторията много често се налагало да правят сложни изчисления с комплексни числа при проектирането на усилватели и филтри за усилване на телефонните сигнали.

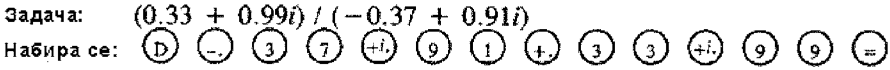
След като в края на 1937 год. плановете на Щибиц са одобрени от ръководството, той започва работа по машината заедно с колегата си Семюъл Уйлямс и през 1939 год. тя е готова. Компютърът е наречен Complex Number Computer, но по-късно името му е променено на Bell Labs Model I, както е известен и днес. За построяването му са използвани около 450 релета и 10 crossbar-ключове (селективно превключващо устройство, използвано в телефонните централи, което в случая се използва като числов регистър). Числата, които обработва, са с фиксирана десетична запетая в началото на числото и точност до осмия знак (обхват ±0,99999999). Вътрешното представяне на числата е двоично-десетично (всяка десетична цифра се кодира с 4 двоични). Машината има вградени програми за извършване на четирите аритметични действия с комплексни числа. Принципът на работа е последователен, всеки модул изчаква предишния да завърши работа, няма синхронизиращ сигнал. Събирането на две числа отнема около 100 mS, а умножението на две комплексни числа отнема около минута. Изчислителното устройство има 4 регистъра и е отделено от входно-изходното, което представлява специален терминал (фиг. 24). Въвеждането на числата става чрез клавиатура (фиг. 25), резултатите се отпечатват на телетипна машина. Първоначално към машината са били свързани три терминала, които обаче

фиг. 24
Терминал за Model I

не могат да работят едновременно.

С тази машина е била демонстрирана за пръв отдалечена работа с компютър. На срещата на Американското математическо общество, проведена през 1940 год. в Хановер, Ню Хемпшир е инсталиран терминал, а изчислителното устройство се намира в сградата на Bell Labs в Ню Йорк, свързани са помежду си чрез 28-проводен телетипен кабел. Демонстрацията пред някои от най-известните американски математици като Джон фон Нойман, Норбърт Винер, Бирк-хов и др. минава с голям успех.

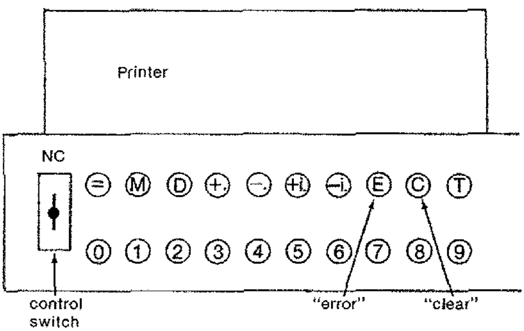
Нека видим каква операторска работа изисква едно деление на две комплексни числа — (0,33+0,99i)/(–0,370+0,9i):



Един опитен оператор би набрал на клавиатурата тази операция за няколко секунди, но след това ще трябва да изчака минута, докато се изчисли и отпечата резултата.

Въпреки че Model I не може да бъде наречен истински компютър поради простата причина, че не може да се програмира, той изиграва много важна роля в историята на компютрите. Това е първата демонстрирана пред широка публика изчислителна машина, при това чрез отдалечен достъп. Можем да приемем, че това е първата демонстрация на телекомуникационно устройство, използващо телефонна линия за пренос на данни.

Веднага след завършването на Model I Щибиц предлага да започне работа върху програмируем наследник на машината. Ръководството отначало не приема тази идея, но след започването на войната и включването на правителството на САЩ във финансирането се съгласява да строи проектираните от Щибиц машини.



фиг. 25
Клавиатурата на Model I

Следващият компютър на Щибиц се казва Relay Interpolator (по-късно му е дадено името Bell Labs Model II) и подобно на следващите Model III и Model IV се използва от военните за целите на противовъздушната отбрана. Въпреки специализираното си предназначение, Model II може да се използва и като общелеви компютър, тъй като може да се програмира (чрез перфолента). Той извършва директно само събиране и изваждане, входно-изходните му устройства са перфолентни. Пуснат е в действие през 1943 год., изграден е от 440 релета. Паметта му е за 7 числа. Умножението (чрез последователно събиране) се извършва за 4 сек.

Следващите два специализирани компютъра Model III и Model IV (първоначално известни като Balistic Computer и Error Detector Mark 22) са създадени през 1944 и 1945 год. Съдържат 1400 (1425 за Model IV) релета, паметта им е за 10 числа. Използват 5-колонна перфолента за въвеждане на данни и команди, а умножението вече е ускорено чрез четене на частичните произведения от вградена таблица и отнема само секунда. Имат възможност за едновременно изпълнение на две операции — търсене в паметта и изчислителни операции. Model V е същия като Model IV, но има допълнителна схема за изчисление на тригонометрични функции. Всеки, който е работил на тях, ги описва като изключително надеждни и бързи за времето си машини.

Венецът на работата на Щибиц за военните е голямата общоцелева изчислителна машина Model V, завършена през 1946 год. Общото ѝ тегло е над 10 тона, съдържа над 9000 релета. Форматът на числата вече е с плаваща десетична запетая, паметта ѝ е за 30 числа. Умножението се извършва за 0,8 сек. Машината има две отделни аритметични устройства-процесори, които могат да работят самостоятелно с отделна памет (по 15 клетки-регистри) и входно-изходни устройства. По-лесните задачи могат да се подават паралелно към двата процесора, докато по-сложните ги използват едновременно. Всеки процесор има управляващо устройство, но има и главно такова, което разпределя инструкциите към тях. Снабден е няколко четци на перфолента, като може автоматично да ги превключва в зависимост от резултата от дадено изчисление (т. е. възможност за условен преход). Има специални схеми за откриване на грешки. Този авангарден дизайн на Model V му позволява да се представя по-добре при повечето изчислителни задачи от значително по-бързите компютри от неговото време, изработени чрез електронни лампи.

Щибиц проектира още един компютър за Bell Labs, т. нар. Model VI, който може да се нарече „орязана“ версия на Model V с един процесор.

Освен значителната за времето си изчислителна мощ, компютрите на Bell Labs се отличават с надеждността си. Model I няма специални схеми за откриване на грешки и неговата работа се контролира (подобно на Mark I) като в началото и в края на всеки работен ден му се подават задачи, които ангажират всички модули на машината и чиито отговори са известни. Ако се получи правилен резултат се приема, че няма проблеми. Инженерите на Bell Labs обаче имат дълъг опит с релетата и знаят, че те са устройства, които могат да спрат да работят за известно време (например ако попадне прах или някаква буболечка пропълзи между контактите), след което изведнъж да се оправят. Това е нещо, което е почти невъзможно да се случи при механичните и електронните компютри, при които обикновено повредите на даден елемент са фатални. Затова още в Model II (в Model I кодът е обикновен двоично-десетичен) Щибиц взима мерки за допълнителна надеждност. Една от тях е измислянето от него на специален начин за кодиране на числата, който нарича „двоично-петичен". Кодът е седем-битов и прилича много на принципа на изобразяване на числата в китайското сметало — суанпана. На фиг. 26 е показано как се кодират цифрите с него.

Десетична цифра	Релета
0	01 00001
1	01 00010
2	01 00100
3	01 01000
4	01 10000
5	10 00001
6	10 00010
7	10 00100
8	10 01000
9	10 10000

фиг. 26
Двоично-петичния код на Щибиц

Всяка цифра се кодира със седем релета, разделени на две групи, като само едно реле във всяка група може да бъде включено. Има специални схеми, които проверяват две неща: първо, дали само две релета са включени за всяка цифра и второ — дали само едно реле във всяка група е включено. Ако някое от тези условия не е изпълнено, значи има грешка.

Използвайки работата на Щибиц като отправна точка, един друг изобретател от Bell Labs — Ричард Хеминг (1915-1988) обобщава концепцията за откриване и коригиране на грешки и разработва теория, поставяща началото на нов раздел в теорията на информацията. Това е т. нар. проверка на четността (parity checking), която за разлика от кода на Щибиц, който е удобен само за представяне на десетични числа е подходяща за всякакви кодове. При тези кодове към всяка кодова единица се добавя допълнителен бит информация, който е 0 или 1, така че винаги броят на единиците да е четен (или нечетен, зависи от кода), което се отчита от специална схема. По този начин може да бъде хваната всяка единична грешка (промяна на 0 в 1 или обратно). Разбира се, така не може да бъде хваната двойна грешка (например промяна на две нули в единици), за това са необходими по-сложни кодове с повече контролни битове. Могат да бъдат измислени такива кодове, които не само да хващат, но и да коригират грешки. Изследвайки работата на Model V, Хеминг открива, че той прави средно от 2 до 5 релейни грешки за 24 работа, което означава една грешка на 2-3 милиона релейни цикъла.

Работата на Щибиц при създаването на компютрите на Bell Labs, както и теоретичния му принос към теорията на информацията (именно Щибиц и Шенон създават понятието за информацията като нещо, което може да бъде измерено, обработено, предадено и кодирано), утвърждаването на използвания и до днес двоично-десетичен код и идеята за вграждане на допълнителна информация за откриване на грешки заслужено създават около него ореола на един от бащите на съвременните компютри.

6.5. Раждането на електронния компютър

6.5.1. Джон Атанасов (ABC)

фиг. 27
Джон с майка си (1906 год.)

Ще трябва да разочаровам всички българи, които са „знаят“ или са „чували“, че създателят на компютъра е българин. Истината е, че бащата на създателя на първия електронен цифров компютър Джон Винсент Атанасов (1903-1995) — Иван Атанасов (1876-1956) е българин, емигрант в САЩ. Ето какво казва Джон за своя произход:

„Моят баща е роден на 6 януари, 1876 год., по времето, когато нашия народ се готви да въстане срещу Турция. Преди да избухне въстанието турските управници заставят жителите на Бояджик[1] да напуснат домовете, за да бъдат те опожарени. Но докато моят дядо бягал със сина си на ръце, последван от баба ми, група турски войници го прострелва в гърдите. Куршумът, който го убива, оставя белег върху челцето на моя баща за цял живот. Тринадесетгодишен, моят баща пристига с чичо си в Съединените щати и на 15 години остава съвсем сам. След това невероятно начало на неговия живот той завършва университета в Колгейт и се оженва за майка ми — една американка, чиито дядо се е сражавал по време на нашата Гражданска война между Севера и Юга. Баща ми непрекъснато изпитваше желание да заведе съпругата и децата си отново в България, но не успя...“

Според историческите сведения през един августовски ден на 1876 год.

1 Село Бояджик се намира на около 15 км югозападно от гр. Ямбол — бел. авт.

фиг. 28
Атанасов през 1948 год.

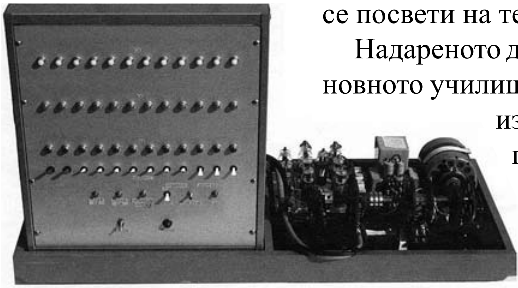
с. Бояджик осъмва обкръжено от редовна турска войска и башибозук[1]. След неуспешен опит да преговарят с турския паша, селяните се опитват да се защитят с примитивното си въоръжение, но след като турската артилерия бомбардира къщите, започва няколкочасов неравен бой, завършил с жестоко клане, от което успяват да се спасят само малка част от българите. Част от селяните, между които и Атанас Иванов, бащата на Иван, който носи няколкомесечното бебе в ръцете си, и майка му Яна, се опитват да избягат към близката гора. Трима конници обаче ги настигат и простелват Атанас, след което повалят на земята Яна. След като се свестява, тя пропълзява до трупа на съпруга си и измъква детето живо от ръцете му, куршумът е одраскал само челото на бебето. След още много премеждия тя оцелява, по чудо спасява и детето си.

Когато Иван навършва 13 години, чичо му Константин заминава със семейството си за Америка да учи право и взима детето със себе си. Имигрантската служба записва името му като John Atanasoff. Две години покъсно вуйчото приключва с ученето и се завръща в България, без дори да се сбогува с момчето. То остава само в чужда страна, без да знае добре езика, но с тежък и упорит труд изкарва прехраната си и дори успява да спести пари за колеж. Годината 1901 е изключително важна за младия Иван. Първо се дипломира като бакалавър в Колгейтския колеж, скоро след това сключва брак с младата учителка по математика Айва-Лусена Парди (1881-1983), след което записва задочно електроинженерство.

Джон Винсънт Атанасов (по американската традиция най-големия син взима името на баща си) (фиг. 27 и 28) се ражда на 4 октомври, 1903 год. във фермата на дядо си край Хамилтън, Ню Йорк. След него майка му ражда още девет деца, две от които умират съвсем малки.

Малкият Джон вярва, че може да научи всичко от книгите, които много обича да чете. Веднъж обаче в ръцете му попада сметачната линия „Дицген“ на баща му. Детето не само бързо се научава да решава задачи с нея, но и се стреми да разбере принципа ѝ на действие, което събужда интереса му към математиката, а по-късно и към физиката, химията и астрономия. Когато след години избира професията на живота си, Атанасов решава да

1 От откритите по-късно документи става ясно, че заповедта за унищожаването на Бояджик, както и на още седем други богати български села е била дадена лично от главнокомандващия на турската армия—бел. авт.



фиг. 29
Реконструкция на прототипа от 1939 год.

се посвети на теоретичната физика.

Надареното дете завършва с пълно отличие основното училище, а след това само за две години изкарва и гимназиалния курс, като показва големи способности по математика и физика. След като работи година като проучвател на фосфатни залежи, за да спечели пари за учебната такса (многолюдното му семейство никак не е богато), през 1921 год. постъпва в Университета в Гейнсвил, Флорида, където се дипломира през 1925 год. с пълно отличие като бакалавър по електроинженерство. Въпреки че получава предложения за преподавателска работа от много университети, включително и Харвард, младият инженер избира работа в Щатския колеж в Еймс, Айова, тъй като този колеж има много добра репутация в областта на инженерните науки.

През същата година 1925 год. Атанасов става магистър по математика в колежа и сключва брак с Лъра Миикс, хубава синеока брюнетка от Оклахома, специализантка по икономика. През следващата година се ражда дъщеря им Елзи, а година по-късно — близнаците Джоан и Джон. През 1930 год. Атанасов защитава докторат по теоретична физика в Университета в Медисън, Уисконсин, след което се завръща в Еймс и става професор по математика и физика в колежа. Именно по време на подготовката на докторската си дисертация на Атанасов за пръв път се сблъсква с изчислителния проблем. Ето какво казва той в спомените си: „пресмятанията изискваха много седмици тежък труд с настолен механичен калкулатор модел Мънро — навремето единствения, с който разполагахме. Направи ми впечатление, че процесът на апроксимиране на решението на частни доференциални уравнения изисква огромно количество пресмятания — факт, който в края на краищата мотивира моята работа в областта на автоматизираното изчисление."

През следващите няколко години, освен оживената си преподавателската и научна дейност, Атанасов изучава електроника и непрекъснато мисли как да автоматизира изчислителната работа. Един от основните математически проблеми, с който се сблъсква по време на работата си като физик е решаването на системи от линейни уравнения. Оказва се, че на практика система с повече от 10 уравнения с 10 неизвестни е нерешима поради дългото време, което изискват ръчните пресмятания.

Първоначално Атанасов се мъчи да реши този проблем, като използва най-модерната изчислителна машина по това време, последният модел перфокартен табулатор на IBM и през 1935 год. публикува статия, дискутираща приложението на тази машина при анализ на спектри. Оказва се обаче, че за свърши работа, към машината ще трябва да се добавят допълнителни модули. Опитът на Атанасов да реши проблема с инженерите на IBM претърпява провал, нещо повече, когато по-късно той потърсва отново IBM за помощ за създаването на електронния си компютър, те му отговарят, че „че IBM никога няма да направи електронен компютър“, след което пускат записка до всички служители да не оказват никакво съдействие на изобретателя.

През 1936 год. заедно с колегата си, физика Глен Мърфи, Атанасов разработва малък аналогов калкулатор, наречен *Лапласиометър*, който се използва за анализ на геометрията на повърхности.

Фикс-идеята на Атанасов за решаването на изчислителния проблем намира своето решение в края на 1937 год. През една зимна вечер той излиза изморен и изнервен от работа, сяда зад волана на колата си и кара бясно (негови приятели от това време си спомнят, че да пътуваш в кола, карана от Джон, е било доста изнервящо преживяване) повече от триста километра, докато стига до едно крайпътно заведение близо до границата на Айова със съседния щат Илинойс[1]. Атанасов си поръчва чаша от любимото си уиски (бърбън) и успокоен от дългото шофиране, нахвърля набързо на една салфетка най-важните идеи за бъдещия си компютър:

• Работата на компютъра ще бъде базирана на електричество и електронни елементи (вакуумни лампи)

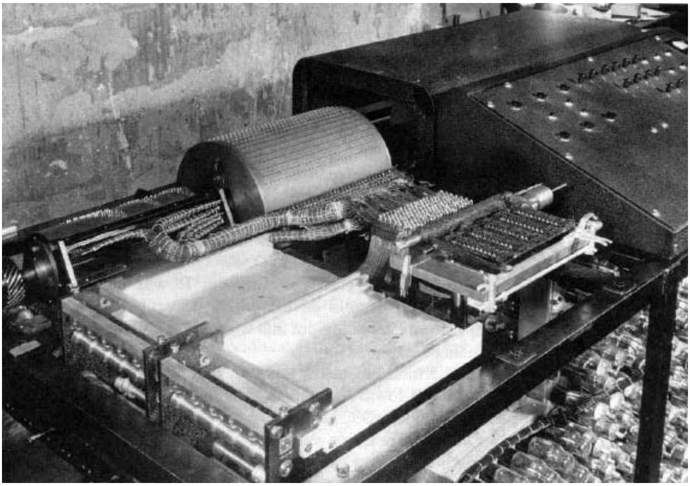
• Ще се използва двоичната бройна система

• Паметта ще бъде базирана на регенеративни кондензатори (с периодично възобновяване на заряда)

• Изчисленията се извършват посредством директни логически действия, а не чрез изброяване

Интересното решение за кондензаторната памет той взима, след като разглежда няколко варианта: механична, релейна, феромагнитна, електронна (базирана на схеми с две устойчиви състояния — тригери), но накрая се спира на кондензаторния вариант поради следните причини: кондензаторите са много евтини (той е знаел, че едва ли ще получи солидно финансиране), четат се директно от аритметичното устройство (всички други варианти биха изисквали междинни схеми). Недостатъкът на избрания от него вариант е, че зарядът на кондензаторите изтича за няколко минути и те трябва периодично да се презареждат.

1 В спомените си той не казва какво го е накарало да предприеме толкова дълга нощна разходка, освен опънатите си нерви, но е твърде интересен факта, че по това време Айова е била на сух режим (забранена е продажбата на високоалкохолни спиртни напитки), а щата Илинойс — не—бел. авт.



фиг. 30
АВС през 1942 год.

След като представя проекта си пред ръководството на колежа, Атанасов получава финансиране и съвместно с един талантлив студент[1] започва създаването на прототип (фиг. 29), който е готов през ноември 1939 год.

Прототипът, който събира и изважда двоичните еквиваленти на осемцифрени десетични числа работи перфектно, одобрен е от ръководството и скоро след това (началото на 1940 год.) започва изграждането на работеща машина[2]. Работата е завършена през м. април на 1942 год., машината е инсталирана в подземния етаж на отдела по физика (фиг. 30) и работи според очакванията, с изключение на малък проблем с четящото устройство. Общо изработката на прототипа и оригинала струва около 6000 долара, сума твърде нищожна в сравнение с машините на останалите първооткриватели. Част от тази сума осигурява колежа, но поголямата част (5300 долара) е от частна фондация, към която Атанасов се обръща за помощ.

Изобретателят иска сам да патентова машината, но тъй като ръководството настоява то да получи патента, Атанасов дава пълно описание на компютъра на патентния адвокат на колежа. След това обаче някой не си свършва работата и документите изобщо не са подадени в патентната служба. Атанасов няма да бъде (поне за следващите три десетилетия) ученият, изобретил електронния цифров компютър, а колежът в Еймс пропуска шанса да се прослави и подобри финасовото си положение.

През същата година Атанасов, както множество други американски учени е повикан да работи за армията, където е назначен за началник на акустичната секция на Флотската артилерийска лаборатория, участва и в провеждането на атомните опити на атола Бикини в Тихия океан. Той про-

1 Clifford Berry (1918 - 1963) е препоръчан като помощник на Атанасов от негов приятел, който е бил впечатлен от изключителните способности на студента. След войната Бери регистрира множество патенти в областта на спектрометрията и електрониката— бел. авт.

2 Първоначално машината няма име, името АВС, от Atanasoff-Berry-Computer, Атанасов измисля чак през 1968 год— бел. авт.

дължава да заема важни постове в армията до 1952 год., като през това време изобретява и патентова над 30 устройства с военно и гражданско предназначение, между които: миночистачен уред, устройства за изчисляване траекториите при стрелба, управляеми ракети, електрически кварцов часовник и др.

През едно от посещенията си в колежа в Еймс през 1948 год. Атанасов с учудване констатира, че по нареждане на ръководството компютърът ABC е демонтиран и унищожен. Единствената част, която оцелява е един от магнитните барабани.

През 1952 год. Атанасов основава собствена фирма за изследвания на артилерийска техника, която по-късно продава и се оттегля в пенсия, занимавайки се с консултантска дейност.

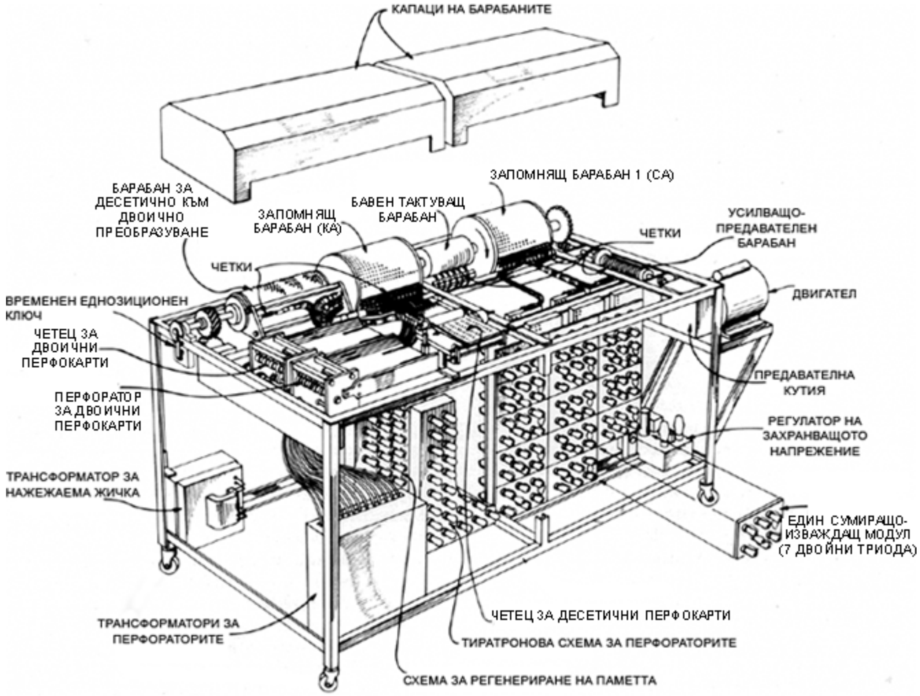
През 1970 год. той посещава за пръв път родината на баща си — България, където изнася лекция и е награден с високия български орден *Кирил и Методий I ст*. Следващото и последно посещение на големия учен в България е през 1985 год., когато отново е посрещнат радушно и награден с друг престижен орден — *Народна Република България I ст*.

Джон Винсент Атанасов почива в дома си в Мерилънд на 15 юни, 1995 год. след дълъг и изключително плодотворен живот.

Неговото име като изобретател на първия електронен цифров компютър едва ли щеше да стане известно на света, ако не беше съдебния процес Sperry Rand срещу Honeywell, проведен от 1967 до 1973 год. в Минеаполис. Каква е историята на този процес?

През 1947 год. изобретателите на ENIAC (електронен компютър, който ще разгледаме по-късно) Моукли и Екърт подават заявление за патент, който е издаден през 1964 год. Веднага след това фирмата Sperry Rand (която междувременно е купила фирмата на Моукли и Екърт) започва да събира патентни такси от производителите на компютри. Две от най-големите компютърни фирми обаче — Honeywell и Control Data Co. отказват да плащат, тъй като по някакъв начин са получили информация за компютъра ABC на Атанасов[1]. Sperry Rand прави фаталната грешка да заведе дело в съда, но след няколкогодишен процес го загубва и според произнесената през октомври 1973 год. присъда патентът на ENIAC е обявен за невалиден, защото според съда „Моукли и Екърт не са изобретили първи автоматичната електронна цифрова изчислителна машина, а са извлекли основната идея от д-р Джон Винсент Атанасов“. Особено недостойно е поведението на Джон Моукли по време на процеса, а и след това, защото той непрекъснато твърди, че не е научил нищо от Атанасов, прави се, че не

1 Дотогава машината на Атанасов е била спомената замо в три вестникарски статии от 40-те години, както и в две книги на колегата на Атанасов от колежа в Айова К. Р. Ричардс за електронните цифрови системи, издадени през 1966 и 1967 год—бел. авт.



фиг. 31
Схема на ABC с означение на основните му модули

помни какво са говорили, твърди, че ABC е „груба малка машинка, която не може да прави нищо“ и на няколко пъти променя коренно показанията си под натиска на представените в съда документи и свидетелски показания, от които става ясно, че:

1. През юни 1941 год. Моукли и синът му са били 6 дни гости в дома на Атанасов в Еймс, като почти през цялото това време той е дискутирал с Атанасов и Бери устройството на ABC и общи компютърни проблеми.

2. Три или четири дни е придружавал Атанасов в офиса му в отдела по физика, наблюдавал е работата на компютъра, Бери му е показвал как функционират и се манипулират отделни части на компютъра, позволявал му е да остава сам и да работи с машината.

3. Било му е позволено да чете 35 страничен ръкопис за създаването на ABC, а Атанасов и Бери са отговаряли подробно на всичките му въпроси.

4. Веднага след посещението си пише писмо до Атанасов, в което се изказва ентусиазирано за ABC и записва курс по електроника в Университета в Пенсилвания. През септември 1941 год. пише ново писмо до Атанасов, в което му предлага да разработят съвместно компютър и го пита дали има нещо против, да използва някои от идеите на Атанасов в компютър,

който той възнамерява да построи.

Ние, българите имаме една много подходяща поговорка за хора като Моукли—„Храни куче, да те лае!“.

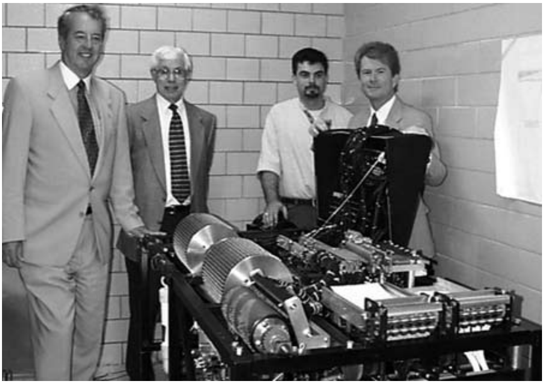
Какво представлява компютърът ABC (фиг. 31)?

Това е специализиран цифров електронен компютър за решаване на системи от линейни уравнения чрез елиминационния метод на Гаус, който се състои в следното: първо, коефициентите на едно от уравненията се умножават по константа, така че поне един от тях да стане равен на съответния коефициент от друго уравнение, след което двете уравнения се изваждат едно от друго, при което съответното неизвестно се анулира (ако нямаме кратни един на друг коефициенти, тогава алгоритъмът е малко по-сложен). Този процес се повтаря, докато доведе до уравнение с едно неизвестно, което се решава и стойността на това неизвестно се замества във всяко уравнение на системата, водейки до получаването на система с едно по-малко неизвестни. Този процес се повтаря, докато се получат стойностите на всички неизвестни. Компютърът позволява да се решават системи от максимум 29 уравнения с 29 неизвестни. Една подобна система се решава за няколко минути, докато ръчното пресмятане с помощта на настолен електромеханичен калкулатор може да отнеме месеци.

Машината тежи 315 кг и е с размерите на бюро. Аритметичното устройство (АУ) се състои от 30 сумиращо/изваждащи модула, съставени от по 7 двойни триода, в които се сумират 50-битови двоични числа. За изработката на АУ са използвани повече от 300 електронни лампи. Честотата на работа на машината е равна на тази на мрежовото напрежение (което в САЩ е 60 Hz), тъй като механичните части се задвижват от синхронен електродвигател.

Въвеждането на данните става чрез четеца на десетични перфокарти. След това числата се преобразвуват в двоичен вид чрез преобразуващия барабан и се записват в запомнящите барабани. Запомнящите барабани са два (еднакви), монтирани са на обща ос, на повърхността им са наредени 1600 (32 реда по 50) кондензатора. Следователно всеки барабан може да съхранява 30 двоични 50-битови числа (двата последни реда кондензатори са резервни и се използват при повреда на някой от основните). Кондензаторите са монтирани радиално, с общ контакт в центъра на барабана, а близо до повърхността са монтирани два реда контактни четки. Единият ред чете заряда на кондензаторите (1 се кодира с +40V, нулата с -50V), другият ред ги дозарежда. Всеки ред кондензатори съдържа *n*-ия бит от всяко от тридесетте числа, така че цифрите на коефициентите се четат една по една. Барабаните се въртят със скорост един оборот/сек.

Всеки барабан съдържа коефициентите на едно уравнение от системата.



фиг. 32
Реконструкцията на ABC (1997 год.) Мъжът вляво е Джон Винсент Атанасов II (синът на изобретателя)

След елиминирането на всяко неизвестно, новите коефициенти се записват на двоична перфокарта (по 30 двоични 50-битови числа на карта), след което автоматично се четат и започва новия цикъл. Именно това междинно съхранение на резултатите е слабото място на машината. При тестовете, направени през 1942 год., перфораторът за двоичните перфокарти, който работи чрез нажежаема жичка и тиратронови електронни лампи, понякога прави грешни перфорации[1], което води до грешки в коефициентите и оттам до неправилно решение. Въпрос на време е било да се избере по-подходящ материал за картите или да се подобри схемата на перфоратора, но нито Атанасов, нито Бери са разполагали с такова. Войната вече е в разгара си, Атанасов е повикан на служба във флота, Бери също си намира работа в Калифорния, свързана с военните, за да не бъде изпратен на фронта.

Атанасов заминава за армията с убеждението, че машината работи добре и че ще бъде патентована от адвокатите на колежа, но за съжаление[2] остава излъган. Чак след смъртта на изобретателя Университетът в Еймс решава поне малко да поправи грешката си и финансира създаването на копие на ABC (фиг. 32).

Ние като българи, разбира се, трябва да се гордеем, че човек с наполовина българска кръв остава името си изписано със златни букви в историята на съвременните компютри. Словосъчетанието „измислил компютъра“ обаче не отговаря на истината, както за него, така и за всички създатели на цифрови компютри. Никой човек не е „измислил компютъра“, има доста изобретатели, които създават определен тип компютри, използвайки малко или много натрупаните от други знания. Съвременният компютър е толкова сложна машина, че е невъзможно да бъде измислен от един човек.

6.5.2. Максуел Нюман и Томас Фаулърс (Colossus)

Войната, която проваля работата или пречи на изобретатели като Цузе,

1 Една грешка на 10000 двоични разряда, което означава, че ако уравненията са повече от три, решението не е надеждно—бел. авт.

2 Както казва един американски учен “Ако Атанасов беше създал машината си в Харвард, сега може би щеше да е носител на Нобелова награда”—бел. авт.

фиг. 33
Шифровъчната машина Енигма (в долния десен край) и "бомбата" (в дъното на снимката)

Шрайер и Атанасов, помага (благодарение на щедрото финансиране на военните) на други да създадат компютри, които са използвани изключително или поне първоначално за военни цели. Класически пример за това са английските компютри Heath Robinson и Colossus — специализирани електронни компютри за разшифроване на съобщенията на германските шифровъчни машини Lorenz SZ 40 и 42.

Още от началото на войната английският Government Code and Cypher School (GC&CS), център на английските служби по разшифроване, който се намира във викторианското имение Блечли парк, на 80 км северно от Лондон, започва да разшифрова кодираните с германската шифровъчна машина *Енигма* съобщения. За тази цел с решаващото участие на водещият криптоаналитик в Блечли парк — известният математик Алън Тюринг, са създадени електромеханични машини, наречени „бомби" (фиг. 33), с помощта на които например в началото на 1942 год. GC&CS успява да разчита почти 40000 прихванати германски съобщения месечно.

Някъде в края на 1940 год. обаче от послушвателните станции започват да постъпват радиограми, шифрирани с нов и по-сложен алгоритъм, който криптолозите от GC&CS наричат „риба", дело на машините Lorenz SZ 40 и 42. Машини от този тип се използват за шифриране на съобщенията на високопоставени германски командири, включително и за тези на Хитлер и останалите членове от върховното командване. Англичаните хвърлят огромни усилия за разгадаването на новия метод на шифриране, и през август 1941 год., когато е използвана грешката на един германски оператор, методът на кодиране започва постепенно да се изяснява. Разгадаването на кодираните съобщения обаче изисква извършването на огромно количество изчисления и логически операции, които няма как да бъдат направени ръчно поради ограниченото време. Необходима е машина и създаването на такава предлага през ноември 1942 год. привлеченият наскоро за работа към GC&CS английски математик — Максуел Нюман[1]. Той написва спецификация на машината, която по-късно е наречена Хийт Робинсън[2].

1 Maxwell Newman (1897-1984) е известен английски математик—бел. авт.
2 Heath Robinson, по името на известен английски художник-илюстратор—бел. авт.

Машината е проектирана от известния конструктор Уин-Уилямс и влиза в действие през пролетта на 1943 год. Състои се електромагнитни релета, но за броячните устройства са използвани електронни лампи. Машината сравнява два потока данни, въвеждани механично чрез два перфолентни четеца. Едната лента съдържа прехванатото шифрирано германско съобщение, а другата — предполагаемото съдържание на съобщението (базирано на математическа теория, използват се операторски грешки при предаването или просто опит за отгатване). Чрез последователно сравняване на двете ленти (които могат да имат до 5 отвора на всеки ред) и преместване на буквите постепенно може да се стигне до кода, използван от германците за конкретното съобщение. Резултатите се разпечатват на телепринтер.

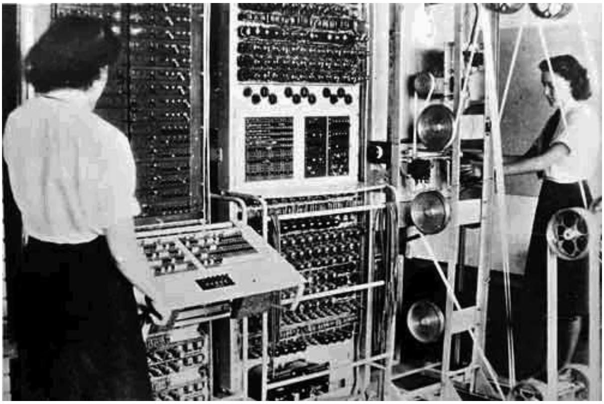
Тъй като за разгадаването на всеки код се изискват голям брой движения на лентите, скоро се установява, че Хийт Робинсън е твърде бавен и често греши. Специално разработените за него фотоелектрични четци успяват да прочетат не повече от 2000 символа/сек. Освен това поради високата скорост възникват проблеми със синхронното четене на двете перфоленти. Въпреки това машината обаче доказва правилния подход на Нюман, изработват се още няколко подобни, но се взима решение конструкцията да бъде усъвършенствана. По съвет на Тюринг Нюман се обръща към Томас Флауърс[1], който има голям опит в разработването на сложни управляващи електронни схеми за телефонни централи и е помагал при разработката на „бомбите".

Флауърс предлага да се направи изцяло нова електронна машина. Предложението е прието и той започва разработката на новата машина (наречена по-късно Colossus Mark I) през март, 1943 год., а през декември тя вече е готова (фиг. 34). При първите изпитания само за десетина минути машината извършва работа, изискваща няколкомесечен труд на ръчни изчислители. Изградена е от 1500 електронни лампи и работи много по-бързо и надеждно от предшественика си. Работата се синхронизира от тактов сигнал, чиято честота може да се променя до 0 (т. е. да се спре, ако е необходимо за тестови цели). Единият четец е заместен от вътрешно съхранявана таблица, която се синхронизира електронно към другия четец. Това веднага решава проблема със синхронизацията, ускорява работата и опростява устройството на машината. Консумираната мощност е около 5 kW. Четецът разпознава символи, кодирани с кода на Бодо[2] със скорост до 5000 символа/сек (лентата се движи с почти 50 км/час!).

След няколко месеца е изработен подобрен модел (Colossus Mark II, с

1 Thomas Harold Flowers (1905-1998) е известен английски инженер, притежаващ по това време голям опит в разработката на електронни схеми за английската пощенска служба—бел. авт.

2 Код, използван широко в телеграфията, който германците използват при предаването на радиограмите си—бел. авт.



фиг. 34
Colossus (1944 год.)

2400 електронни лампи и 800 релета), който успява да достигне пет пъти по-висока скорост (до 25000 символа/сек) на четене благодарение на комбинация от паралелна обработка и буферна памет (регистри), притежава и схема за автоматична промяна на програмата си при откриване на достоверен шаблон на кода. До края на войната през май, 1945 год. общият брой на машините достига 10. Всъщност изходната информация от машината Colossus представлява разпечатки с междинна информация, изискваща допълнително разшифроване от криптоаналитиците (не винаги успешно), а не разшифрован текст.

Също като машината ABC на Атанасов, Colossus не може да бъде наречен общоцелеви компютър, тъй е проектиран само за броене и изпълнение на Булевите операции, необходими при дешифриране, освен това не може да се програмира (за да зададе нова задача, операторът променя физическите връзки на компютъра чрез ключове и щекери). Въпреки изключителното си значение за спечелването на войната от съюзниците, заради свръхсекретността на проекта (първите сведения за нея се появяват в пресата едва в началото на 70-те години на XX век, по време, когато десетте машини са отдавна унищожени) машината Colossus не оказва съществено влияние върху развитието на съвременните компютри. Разбира се, натрупаният при нейната изработка опит се използва при създаването на следващите английски общоцелеви компютри в Манчестър, Кеймбридж и Лондон.

Едва ли има компютър с толкова непосредствено оценено влияние върху световната история като Colossus. Според официалният историк на GC&CS — Хинсли, работата на криптоаналитиците в Блечли парк (в която Colossus играе решаваща роля) има голямо значение за победата на съюзниците във войната и съкращава военните действия с цели две години. Спасени са милиони човешки животи.

Въпреки че, подобно на ABC на Атанасов, Colossus представлява специализиран електронен компютър, той в много по-голяма степен може да се счита предтеча на модерните общоцелеви компютри поради следните си характеристики:

• Електронни регистри, чиято стойност се променя от автоматично контролиран поток от операции

• Възможност за условен преход

• Двоична аритметика, логически функции, променяни чрез панел с ключове или телефонни релета и възможност за изчисляване на сложни Булеви функции

• Напълно автоматична работа

6.5.3. Джон Моукли и Джон Екърт (ENIAC)

Третият (по време на създаването си) електронен компютър почти 30 години е възвеличаван като *първият електронен компютър в света*. Истината е различна, но това не бива да омаловажава създадения в края на 1945 год. от американците Джон Моукли (1907-1980) и Джон Преспър Екърт (1919-1995) ENIAC (**E**lectronic **N**umeric **I**ntegrator **a**nd **C**omputer) (фиг. 35), защото именно това е първият електронен компютър, който се доближава до определението *универсален (общоцелеви)*. Също като Colossus, ENIAC дължи своята поява на военните, тъй като първоначалното му предназначение е за изчисляване на таблици, описващи траекториите на артилерийските снаряди.

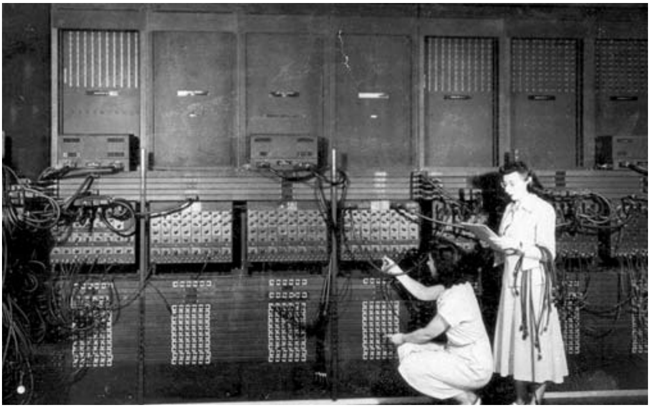
Подобно на Атанасов, Моукли е физик, преподавател в колежа Урсинус във Филаделфия. Работейки в областта на метеорологията, той скоро се сблъсква изчислителния проблем и започва да мисли как да го реши чрез машина. Първоначално построява малък електрически аналогов компютър, улесняващ анализа на метеоданните, но скоро разбира, че това не може да бъде решение на проблема и продължава да търси. След първата си среща с Атанасов през декември 1940 год., и особено след посещението в Еймс през юни 1941, Моукли вижда светлината в края на тунела — ще направи цифров електронен компютър, изграден от вакуумни лампи, който да може да се използва за различни цели. В края на годината Моукли завършва в Moore School of Electrical Engineering към Университета в Пенсилвания курс по електроника, където един от неговите преподаватели е Джон Преспърт Екърт, (с който заедно след две години ще започне създаването на компютъра си), подготвящ магистърската си степен по електротехника и притежаващ значителен опит в електрониката.

През лятото на 1942 год. Моукли написва статията „Използването на вакуумни лампи за изчисления“, в която предлага да се направи електронен компютър за решаване на диференциални уравнения, използващ за тази цел числени методи, вместо аналоговите, с които си служи диференциалният анализатор на известния американски учен Ваневар Буш. Аналогова-

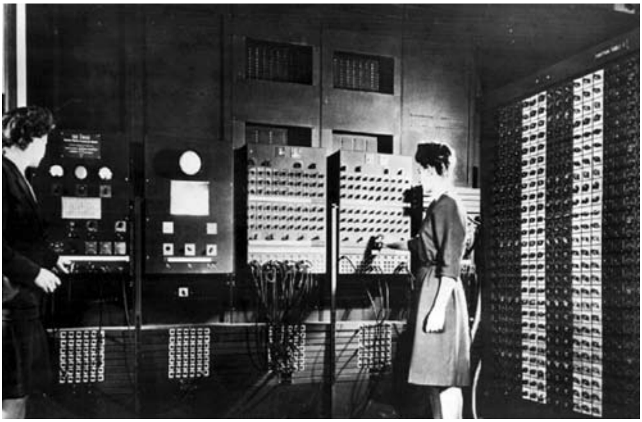
фиг. 35
Екърт (на преден план, вляво) и Моукли (зад него, до колоната) работят с ENIAC

та изчислителна машина на Буш се използва от военните за важни задачи, като например за изчисляване на таблици с траекториите на снарядите. В своята статия Моукли казва, че с електронна цифрова машина изчислението на една траектория ще отнеме не повече от минута-две, което е многократно по-бързо от машината на Буш. През април 1943 год. научният директор на Moore School проф. Джон Брейнърд и математикът лейтенант Херман Голдщайн представят пред ръководството на Балистичната лаборатория в Абърдийн подготвената от Моукли и Екърт схема за създаването на *Електронен Диференциален Анализатор*. Два месеца по-късно е подписан договор за изработка на машината на стойност малко повече от 60000 долара, крайната сума за изработката обаче е почти половин милион долара. Година по-късно името на машината е променено на ENIAC.

Една от най-важните части на компютъра, с която първо се захващат изобретателите са акумулаторите, в които се съхраняват и сумират числата. За тази цел те използват познатата по това време схема на кръгов брояч с десет позиции (за всяка от десетте цифри), като всяка позиция се състои от един тригер на Екълз-Джордан. Може да се направи директна аналогия между десетпозиционния кръгов брояч и десетзъбните колела, използвани в механичните калкулатори, подобно е и решението на акумулаторите при Mark I. Използването на десетичната система в ENIAC е определено крачка назад, в сравнение с решението на Атанасов и Шрайер да използват двоичната система. Екърт твърди в някои свои по-късни изказвания, че е избрал тази система, защото не е могъл да измисли надеждни схеми за дво-



фиг. 36
Програмиране на ENIAC чрез таблото



ична или двоично-десетична система, както и че резисторите, необходими за подобни схеми били много скъпи. Това звучи доста странно при солидното финансиране от армията, а и използването на десетичната система изисква много повече електронни лампи, които също са скъпи (освен това се отличават се с ниска надеждност при работа в цифрови схеми).

Една група от 10 брояча (която може да съхранява десетзнаково число), заедно с входно-изходните схеми представлява един акумулатор и се изгражда с 550 електронни лампи. Общият брой на акумулаторите е 20, а отделно устройство извършва умножението, делението и извличането на квадратен корен. Акумулаторът пренася автоматично, така че може да се използва освен за събиране, и за изваждане.

Освен акумулаторите и умножаващото устройство ENIAC има синхронизираща схема, програмно устройство и входно-изходни устройства. Целият ENIAC е изграден от над 18000 лампи и консумира 150 kW мощност. Работата на всички схеми се синхронизира от тактов сигнал с честота 100 kHz (един импулс на всеки 10 микросекунди). Двадесет периода на тактовия сигнал (200 микросек.) образуват един основен тактов цикъл. През това време тактовият генератор може да изпраща десет вида сигнали (например сигнал за изчистване на преноса се изпраща с един дълъг импулс от 11-ия до 19-ия цикъл). Всички числа, техните знаци, инструкциите и т. н. се представят чрез импулси на тактовия сигнал. Например, ако трябва числото 5 да се пренесе от един акумулатор към друг, това ще стане не чрез изпращане на 5 импулса от единия към другия акумулатор, а чрез отварянето от първия на „врата“ към втория за толкова време, колкото е необходимо да се генерират пет импулса на тактовия сигнал. Основната операция на акумулаторите (сумиране) се извършва за един основен цикъл.

За разлика от разгледаните досега компютри, програмирането на машината става не чрез перфолента или перфокарти, а чрез специално табло за превключване на кабелите в различни конфигурации (фиг. 36), като всеки модул на машината има собствена схема за управление. Има обаче и главно управляващо устройство (master programmer), което управлява повторението и променя изпълненнието на операциите. Например решаването на диференциални уравнения изисква извършването на множество аритметични операции, записване и четене на междинни резултати, търсене на данни от готови таблици и др. Компютър като Z3 например получава числата от клавиатура, а програмата от перфолента. При ENIAC числата се въвеждат чрез перфокарти, а програмата — чрез промяна на конфигурацията на кабелните връзки от таблото, т. е. задаването на дадена програма за работа всъщност представлява създаване на специализирана изчислителна машина за тази задача, защото се променя самата схема на компютъра.

ENIAC има възможност за изпълнение на условен преход, както и на подпрограми. Тъй като програмното устройство може да изпраща импулси към различни акумулатори едновременно, това дава възможност за паралелно изпълнение на операции, ако те са независими една от друга. Например единият акумулатор може прави събиране, другият да чете число от функционална таблица, третият — да печата и т. н. Това ускорява работата, но и усложнява програмирането. Създателите на ENIAC винаги са твърдели, че той е „паралелна“ машина, имайки предвид не възможността му за паралелно изпълнение на операции, а това че числата от акумулаторите се четат паралелно, а не последователно (чрез 11-жилен кабел, 10 жила за цифрите и едно за знака). След като обаче ENIAC е завършен и предаден на военните начинът на програмиране е променен. Освен контактното табло за програмиране на машината вече може да се използват и функционалните табла с ключове (на фиг. 35 Екърт работи с такова табло). Дотогава тези табла се използват за предварително задаване на стойностите на функции, но с цел улесняване на програмирането те започват да се използват и за промяна на работата на машината. Това нововъдение обаче се заплаща със загубване на възможността за паралелно изпълнение на операции.

ENIAC е много по-бърз (300 пъти по-бърз от Mark I например) от създадените дотогава компютри не само защото е електронен, но и защото не чете програмата си от бавни периферни устройства. Процесът на промяна на програмата на компютъра се нарича „настройка“ („setting up“), а не програмиране и отнема обикновено ден-два, което означава, че превключването на кабелите и ключовете трябва да става много внимателно и че машината е подходяща за изчисления, изискващи дълги и сложни пресмятания. Моукли и Екърт отчитат това като сериозен проблем и затова в проекта за следващия си компютър — EDVAC те предвиждат вътрешно съхраняване на програмата в бърз магнитен барабан или диск.

Тъй като ENIAC е десетична машина, проектантите му трябвало да избират между един от двата начина за умножение при този тип устройства — последователно събиране или търсене в таблица. Те избират втория метод, като таблицата за умножение се съхранява в една резисторна матрица. Когато тази матрица получи импулси, съответстващи на две десетични цифри, тя връща два импулса, представящи произведението им. Умножаващото устройство е свързано с шест акумулатора — два за операндите, два за частичните произведения и два за окончателното произведение. Трите групи акумулатори са по два във всяка, защото единият приема единиците, а другият — десетиците от произведението. Целият процес на умножение на две десетцифрени числа отнема 14 тактови цикъла или 2,8 милисекунди, което означава почти 360 умножения в секунда, много по-бързо от всички останали тогавашни компютри. Другите две по-сложни аритметични операции обаче — делението и извличането на квадратен корен се извършват от друго устройство посредством последователно събиране и изваждане и отнемат доста повече време — средно 25 mS при десетцифрени числа.

Функционалните табла, които първоначално се използват за предварително дефиниране на стойностите на функции, а после — и за програмиране, също са изградени от резисторни матрици. Тъй като машината разполага с няколко такива, операторите могат използват времето, докато машината работи по някаква задача да подготвят таблата за следващата. Едно такова табло може да съхранява до 1200 десетични цифри (200 функционални стойности при 6-цифрена точност или 600 двуцифрени инструкции). Освен тези числа и двадесетте десетцифрени числа в акумулаторите, има и трети начин за съхраняване — чрез 20 броя десетцифрени константни ключове.

За входно-изходни устройства са избрани стандартни IBM перфоратори и четци на перфокарти (скорост на четене 2 числа/сек.), които въпреки ниската си скорост, работят надеждно (това се оказва удачно решение, спомнете си, че единствения сериозен хардуерен проблем при ABC на Атанасов беше именно с високоскоростните перфоратори и четци). Това обаче изисква при програмиране да се указва време на изчакване за електронните модули, за да могат механичните да свършат работа. Тъй като числата не могат да изчакват в акумулаторите, наложило се да бъдат създадени буферни регистри, за което изобретателите се обръщат към един от сътрудниците на Джордж Щибиц, помагал му при създаването на компютрите Mark. Той изработва регистрите от телефонни релета, като добавя към тях и допълнителна функционалност — тъй като изваждането се извършва по добрия стар начин чрез допълнение до 10, налага се да се преобразуват резултатите, което става именно в буферните регистри.

Резултатите се отпечатват на стандартен IBM принтер, освен това всеки акумулатор има една редица от неонови лампички, показващи съдържанието му, които могат да се използват за диагностични цели. За такива цели тактовият генератор може да се превключва в специален бавен режим.

ENIAC е огромна машина, дори в сравнение с гигант като Mark I (общото тегло на машината заедно със захранването и вентилацията надвишава 30 тона). Освен над 18000 хиляди електронни лампи с които разполага, тя включва и 1500 релета, десетки хиляди резистори, кондензатори, бобини, голям брой ключове, връзки и механични устройства, което води до сериозен проблем с надеждността. ENIAC не може (както беше при Mark I, например) да бъде оставен да работи без надзор през нощта, защото постоянно се налага да се отстраняват повреди. Моукли и Екърт съзнават, че главният проблем са електронните лампи и успяват при EDVAC да постигнат същата изчислителна мощност, използвайки само 3000 лампи. Другите недостатъци на ENIAC — трудното програмиране, ограничената памет и бавните входно-изходни устройства също са избегнати.

След завършването на машината в края на 1945 год. тя се тества за няколко месеца, след което се предоставя на военните. Освен за първоначалното си предназначение — изчисляване на артилерийски таблици и решаване на диференциални уравнения, ENIAC се използва при проектирането на първата американска водородна бомба, както и за различни математически и физически задачи. Военните са изключително доволни от машината, защото ако преди за изчисляването на една 60-секундна траектория на снаряд са били необходими 20 часа изчисления с ръчен калулатор или 15 минути с диференциалния анализатор на Буш, на ENIAC това отнема само 30 секунди. През 1946 год. машината е разсекретена и представена пред обществеността и до 1952 год. работи интензивно. През 1953 год. е усъвършенствана и остава в употреба до 1955 год.

***

Както вече видяхме, основите на съвременния компютър са поставени през изключително тежкото десетилетие 1936-1946 год. Светът е обхванат от жестока война, милиони хора загиват всяка година, разрушенията са огромни. И точно в това мрачно десетилетие светли умове като Алън Тюринг, Конрад Цузе, Джон Атанасов, Джон фон Нойман и др., не спират да преследват своите мечти и доказват, че надеждата никога не умира — може да бъде осъществена мечтата на гении като Бебидж и Лайбниц, може да бъде създадена интелигентна машина.

След представянето през 1946 год. на ENIAC пред американската общественост именно там, а по-късно и в целия свят, започва широка дискусия за бъдещето на компютрите. Вече на всички е ясно, че бъдещето принадлежи на електронния компютър. Налице са вече както знанията, така технологиите, необходими за развитието на този отрасъл. Бързо нарастващия обем военна, научна и икономическа информация, който трябва да бъде обработена, вече прави интереса към изработката на тези машини напълно реален. Скоро ще се появят множество фирми, разработващи компютри, а по-късно и програми за тях.

Глава VII

Бисерите в короната

“Няма причина, поради която на някой би
му се приискало да има компютър в къщи.”
Кен Олсън (основател на DEC), 1977 год.

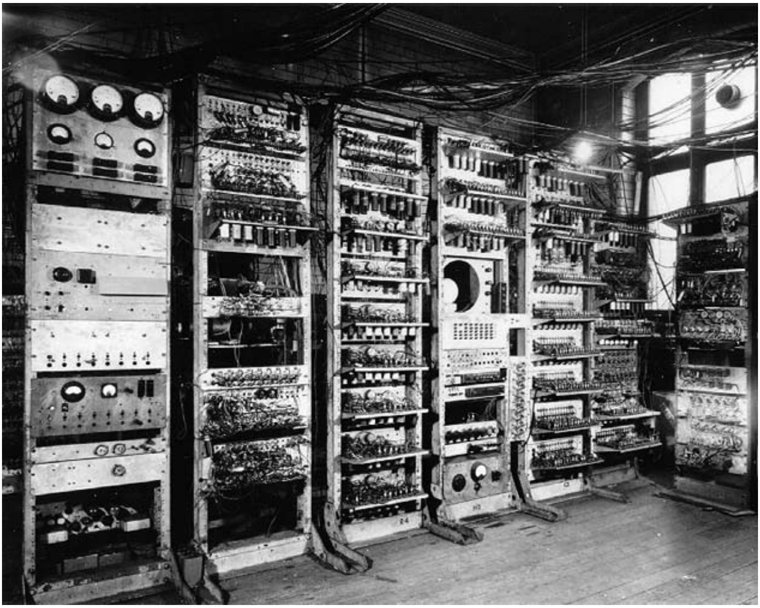
Какво да се прави, дори и гениите понякога грешат. Доказателство за това е не само послужилото за мото на тази глава изказване на основателя на една от най-големите компютърни фирми за всички времена — DEC (Digital Equipment Corporation), но и послужилите за мото на предната глава „пророчески“ думи на президента на друг голям компютърен колос — IBM, както и „интересното“ мнение на Джон фон Нойман за това, как трябва да се програмират компютрите. В тази глава ще разгледаме няколко от хилядите модели електронни компютри, които имат особено значение за сегашното състояние на „умните“ машини.

7.1. Фредерик Уйлямс и Том Килбърн (SSEM) — 1948 г.

Първият компютър, построен изцяло съобразно архитектурата на фон Нойман и концепцията за *записаната в паметта програма* (stored program) е английският SSEM (**S**mall **S**cale **E**xperimental **M**achine) от 1948 год.

Английският инженер Фредерик Уйлямс (1911-1977) патентова през 1946 год. т. нар. *тръба на Уйлямс* — цифрово запомнящо устройство, базирано на добре познатата от телевизорите електронно-лъчева тръба (ЕЛТ). При тази памет битовете се представят чрез заряда на луминофора на екрана, нулата е липса на заряд (тъмна точка на екрана), единицата — наличие на заряд (светла точка на екрана). Тъй като зарядът „изтича“ доста бързо се налага непрекъснатото му опресняване чрез електронния лъч.

В края на 1946 год. Уйлямс се премества в Университета в Манчестър, като взема със себе си един от своите сътрудници-инженери при изработването на *тръбата* — Том Килбърн (1921-2001). Там двамата изобретатели,



фиг. 1
Small Scale Experimental Machine — SSEM (1948 год.)

които разбират много от електроника, но нищо от компютри, се срещат с двама души, които знаят всичко за компютрите, но твърде малко за електрониката, това са английските компютърни гении Макс Нюман и Алън Тюринг. След обстойните обяснения и консултации Уйлямс и Килбърн решават първо да усъвършенстват тръбата, като през декември 1947 успяват да запишат 2048 бита върху 15 сантиметрова кръгла ЕЛТ, след което започват да създават малък експериментален компютър, базиран на тази памет, която в техния проект играе ролята на това, което днес наричаме RAM-памет, тъй като в нея се съхраняват както данни, така и програми. В SSEM (фиг. 1) има 4 такива тръби — първата служи като главна памет на машината и може да съхранява 32 думи по 32 бита всяка. Втората тръба съхранява специален регистър (акумулатор), а в третата е адреса на текущата инструкция и самата инструкция (нещо като индексен регистър). Четвъртата (т. нар. показваща тръба) може да се превключва така, че да показва съдържанието на някоя от другите три (екраните на записващите тръби не могат да се виждат, защото точно пред тях е разположена метална решетка, чрез която се чете съдържанието на паметта). Кодовият набор на SSEM е първоначално от 7 инструкции, малко по-късно са добавени още три. Аритметичното устройство на машината е изградено чрез електронни лампи.

Въвеждането на данни и команди става чрез записването с помощта на клавиатура на числа в определени адреси от паметта, след което се натиска клавиш СТАРТ, което започва изпълнението на програмата. Резултатът се отчита от екрана на показващата тръба. Скоростта на изчисление е около

1,2 mS за инструкция. Първата успешно изпълнена програма от компютъра е задача за намиране на най-големия делител на дадено число. Задачата за намирането на най-големия делител на числото 2^{18}, изискваща изпълнението на 2,1 милиона инструкции и 3,5 милиона достъпа до паметта е изпълнена за 52 минути, скорост, съизмерима с тази на гиганта ENIAC.

Веднага след успешните изпитания на SSEM през 1948 год., Уйлямс и Килбърн го използват като прототип за създаването на истински работещ компютър, който е готов през следващата година. Това е машината Manchester Mark I, който освен допълнителната памет разполага с магнитен барабан, четец и перфоратор на перфолента. По-късно на основата на Mark I на фирмата Ferranti Ltd. е поръчана изработката на усъвършенстван вариант, който се продава под името Ferranti Mark I (това е вторият в света компютър, който се продава след Z4 на Цузе).

7.2. Едмънд Бъркли (Simon) — 1949 год.

Спокойно можем да наречем американския математик и изобретател Едмънд Бъркли (1909-1988) *бащата на персоналния компютър*. По времето, когато компютрите тежат няколко тона и заемат огромни помещения, харчат енергия колкото малък град и струват колкото годишната издръжка на стотина български фолкзвезди, Бъркли е обсебен от идеята да направи малък преносим компютър, който всеки човек да може да си купи и използва. Той работи като научен консултант на една голяма застрахователна компания и се интересува живо от разработката на първите американски компютри. Още през 1939 год. посещава Bell Labs и се запознава с компютъра на Щибиц. По време на войната участва в изработването на Харвардските компютри Mark I и Mark II. През 1950 год. той започва издаването на първото компютърно списание в

фиг. 2
Механичният мозък Саймън, 1950 год.

света — Computers and Automation.

През 1949 год. излиза от печат книгата на Бъркли „Гигантски мозъци или машини, които мислят“, в която той описва т. нар. „Саймън, много прост механичен мозък“. През следващата година Бъркли публикува статии за Саймън в две списания, след което започва да продава планове на машината. Тя всъщност представлява елементарно цифрово логическо устройство, което извършва няколко операции — събиране, отрицание, сравнение и избор. Изпълнението на всяка инструкция отнема около секунда. Изградена е от 128 електромеханични релета. Информацията се въвежда чрез перфолента. АЛУ разполага с два регистъра — изчислителен и изходен. В средата на предния панел се виждат петте бели лампички (фиг. 2), които са за отчитане на резултатите. Вляво от лампичките има няколко управляващи превключватели.

„Механичният мозък“ Саймън разбира се е напълно неизползваем за реални изчислителни или логически задачи, но е подходящ за демонстриране, обучение и обяснение на принципите на работа на цифровите компютри. Продава се до края на 50-те години, като частите заедно с плановете струват около 600 долара, сериозна за времето сума, която си позволяват да дадат само няколкостотин американци. Бъркли обаче не спира до Саймън, а проектира няколко усъвършенствани машини, които също не се превръщат в пазарни хитове — Geniac, Tyniac, Weeniac и Brainiac.

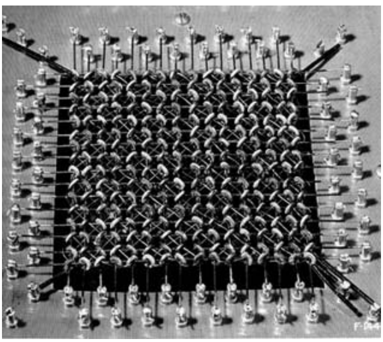
7.3. Джей Форестър (Whirlwind) — 1951 год.

През 1945 год. в Масачузетския Технологичен Институт група под ръководството на Джей Форестър (р. 1918) започва проекта Whirlwind (Вихър), целта на който е да се създаде летателен симулатор за обучение на пилотите от американските ВВС. Първоначално се създава прототип на аналогов компютър, изпитанията на който са неуспешни. След като се запознават с ENIAC обаче, изобретателите разбират, че трябва да направят мощен цифров програмируем компютър. През 1947 год. Форестър започва проектирането на компютър съобразно архитектурата на фон Нойман, но машината (фиг. 3) е завършена чак през 1951 год. Похарчени са няколко милиона долара, но пък и резултатът е внушителен — машината тежи няколко тона, разполага се в двуетажна постройка, в мазето има трафопост с мощност 1 мегават, на таванския етаж има специална климатична инсталация. Процесорният модул се състои от 18000 електронни лампи по 50 W всяка.

За оперативна (RAM) памет първоначално се използват тръби на Уилямс, скоростта на достъп до които обаче е твърде бавна за целите на симу-

фиг. 3
Джей Форестър наблюдава тестовете на Whirlwind

латора и ограничават бързодействието на машината до 20 KIPS (20000 интрукции в секунда), затова веднага започва да се търси заместител. Такъв се намира в лицето на разработената от китайско-американския физик Ан Уонг (1920-1990) памет с феромагнитни сърцевини (core memory), която Форестър усъвършенства и използва вместо тръбите. Това позволява на машината да удвои бързодействието си до 40 KIPS. След дебюта си в компютъра Wirlwind този тип памет (фиг. 4) се използва широко чак до началото на 70-те години. С новата 4 KB памет Wirlwind се превръща в най-бързия компютър в света. Инструкциите и данните се въвеждат чрез ключове или от четец на перфолента. Като допълнителна памет може се използва магнитен барабан (8 KB), както и устройство с магнитна лента.



фиг. 4
Памет с феромагнитни сърцевини

Освен паметта с феромагнитни сърцевини, в Wirlwind за пръв път се използва и графичен дисплей (256 на 256 точки).

7.4. IBM RAMAC 305 — 1956 год.

През септември, 1956 год. IBM представя един от последните си компютри, изградени чрез електронни лампи — IBM 305 RAMAC. Въпреки остарялата технология (вече са в производство машини, базирани на полупроводникови елементи), машината се продава много добре — до спирането ѝ от производство през 1961 год. са продадени над 1000 бр. Главната причина за това е, че RAMAC е първия в света компютър с твърд диск. В устройството ѝ влизат: процесорен модул (в който има магнитен барабан, регистри на памет с феромагнитна сърцевина и електронни логически и аритметични схеми), принтер, перфоратор на карти, конзола (съдържаща четец на перфокарти, пишеща машина и клавиатура) и най-важното — дискът IBM 350 Disk File (фиг. 5).

фиг. 5
Дискът IBM 350 Disk File

Устройството е с размерите на голям шкаф (150 см широк, 170 см висок и 70 см дълбок). Дисковият масив се състои от петдесет 24-инчови метални диска и побира невероятните за времето си пет милиона седембитови символи (около 4,4 MB по съвременните ни разбирания). Върти се със скорост 1200 об/мин. Средното време на достъп е 600 mS. Управлението е изградено от електронни лампи.

7.5. AN/FSQ-7 IBM SAGE — 1958 год.

Няма никакво съмнение, че това е най-големия компютър в света за всички времена. Пред него дори гигантите Mark I и Whirlwind биха изглеждали като джуджета. Разположен е в специално построена за него четириетажна сграда и тежи 275 тона. Консумира мощност до 3 MW и струва „само“ 238 милиона долара (на фиг. 6 може да видите част от процесорния модул).

В началото на 50-те години американските ВВС наемат професора по физика и специалист по радарите Джордж Вели да разработи радарна система за ранно предупреждение. Вели решава да използва модификация на компютъра Whirlwind, която свързва към разработената от него радарна и комуникационна система и се получава т. нар. система SAGE—Semi-Automatic Ground Environment.

Системата се състои от 22 управляващи центъра (първият влиза в действие през 1958 год.), пръснати из цялата територия на САЩ. Изработката на компютрите (по един за всеки център) е възложена на IBM, като едно от главните изисквания е да се гарантира непрекъсната работа на компютъра,

фиг. 6
Компютъра AN/FSQ-7 IBM SAGE

което се постига чрез използване на надеждни схеми и елементи, дублиране на важните компоненти, непрекъснато тестване на елементите и модулен дизайн, позволяващ лесни замени.

Всеки компютър има по два процесорни модула (всеки изграден от около 55000 електронни лампи), като единият винаги се държи в готовност и може да се включи при повреда на основния (обикновено на ден изгарят по няколкостотин лампи). Дублирани са и управляващата и превключващата конзола. Производителността на компютъра е 75 KIPS (75000 оп/сек). Едновременно могат да работят над 100 потребителя, чрез конзоли и графични монитори със специални указващи устройства (светлинни пушки — light gun, фиг. 7). AN/FSQ-7 е първият компютър, използващ модем (1300 bps) за обмен на информация с другите подобни компютри и радарни установки. Оперативната памет е от феромагнитни сърцевини (8892 думи). Като външна памет се използват 12 магнитни барабана. Към машината могат да се включват лентови запомнящи устройства, перфокартни устройства и принтер.

фиг. 7
Операторски терминал на SAGE

7.6. DEC PDP-1 — 1960 год.

През 1960 год. фирмата DEC (Digital Equipment Corporation) пуска в продажба първия миникомпютър в света — PDP-1 (фиг. 8) от изключително успешната си серия PDP (**P**rogrammed **D**ata **P**rocessor), проектиран от известния инженер Бен Гърли. Този компютър предлага производителност, съизмерима с тази на машините-гиганти в много по-малко пространство и на много по-ниска цена (струва „само“ 120000 долара).

фиг. 8
DEC PDP-1 (1960 год.)

Оперативната му памет е от феромагнитни сърцевини (време на достъп 5 μS) и се състои от 4096 18-битови думи (размерът ѝ може да се увеличава до 32 К). Броя на инструкциите, които може да изпълнява процесорният модул е 28. Първите шест бита от думата са код на инструкцията, шестият се използва за индиректно адресиране, останалите 12 са за адреса на клетка от паметта. Към машината се предлагат запомнящо устройство с магнитна лента, графичен дисплей със светлинно перо, конзола с пишеща машина и перфолентов четец, както и перфоратор на лента. Машината може да извършва 100000 сумирания или 40000 умножения в секунда. Доставя се с диагностичен софтуер, асемблер, дебъгер и редактор. Машината се продава много добре и се използва за най-разнообразни приложения, като например първата графична компютърна игра (при това с джойстик) — SpaceWar от 1962 год., първата в света програма за графична обработка на Уелдън Кларк, както и при експериментите за първата локална мрежа в Lincoln Laboratory.

7.7. DEC PDP-11 — 1970 год.

Венецът на изключително успешната серия PDP на фирмата DEC е 16-битовият миникомпютър PDP-11 (фиг. 9), който според някои е най-успешния компютър за всички времена. От пускането на пазара на първия модел през март, 1970 год. (на цена 10800$) до спирането от производство на последния през 1990 год. са продадени над 600000 броя. Множество „нелегални“ клонинги на PDP-11 са произвеждани и в бившите социалистически страни, в това число и в България (компютрите СМ-4, СМ-1420 и ИЗОТ-1016). Популярността на машините се дължи на модулния им дизайн, който позволява изграждането на конфигурации за различни цели и на различни цени, както и лесната им надстройка. На базата на PDP-11 може да бъде направен както персонален компютър, вграден в терминал, така и многопотребителска машина, работеща в режим на времеделение, обслужваща стотици потребители.

Програмистите също ги харесват много заради елегантният им и гъвкав

фиг. 9
Създателите на езика С и операционната система UNIX — Денис Ричи и Кен Томпсън програмират PDP-11

набор от инструкции, множество регистри, общата шина за памет и вход/изход, апаратния стек, множеството нива на прекъсванията, както и изключителното разнообразие от софтуер, с което се предлагат. Именно този компютър популяризира операционната система UNIX, въпреки че се предлага и с много други операционни системи.

Първият модел, появил се през 1970 год., е PDP 11/20. Оперативната памет на базовия модел е само 8 KB, разширяема до 128 KB (памет с феромагнитни сърцевини). Процесорът представлява печатна платка, на която са запоени няколко интегрални схеми и има осем регистъра. Управлението става чрез операторска конзола, състояща се от ключове и лампички. Машината разполага и с високоскоростен четец/перфоратор на лента.

В края на 1977 год. DEC пуска първия модел от друга своя успешна серия миникомпютри (VAX) — VAX 11/780 (фиг. 10). Компютри от тази серия се произвеждат чак до 2005 год.. Въпреки известната си прилика с PDP-11, VAX-компютрите (както и приличащата на UNIX операционна система — VMS) са изцяло нови. Архитектурата на машината е 32-битова, процесорът е по-бърз (около 500000 инструкции/сек) и с повече регистри (16), наборът от инструкции е много по-голям (243), поддържа се до 1 MB RAM. Именно компютрите от тази серия популяризират концепцията на т. нар. *виртуална* памет[1].

фиг. 10
VAX 11/780

1 *Виртуалната памет* представлява механизъм за симулиране на вътрешна (оперативна) върху външна (например дискова) памет, например ако RAM-паметта се окаже недостатъчна за работещите в момента програми, заделя се част от твърдия диск, която се използва като RAM — бел. авт.

7.8. Франсоа Жернел (Micral) — 1973 год.

фиг. 11
Френският Micral

През 1973 год. френската фирма R2E пуска в продажба първият масов компютър с микропроцесор — Micral (фиг. 11), проектиран от инженера Франсоа Жернел. Използва се Intel-ския осембитов микропроцесор 8008 (работещ на 500 KHz). Оперативната памет е само 2 KB.

Фирмата успява да продаде около 500 бр. във Франция (на цена 8500 франка — около 1300 долара), след което се опитва да пробие на американския пазар, но разбира се, не успява. Компютърът е с доста скромни възможности, освен това не се предлага с никакъв софтуер и се програмира само чрез двоичен код (чрез ключетата, които се виждат на таблото). Има изход за текстов терминал, паралелен и сериен порт. През 1974 год. Филип Кан (създателят на известната софтуерна фирма Borland) написва асемблер за Micral.

7.9. Xerox Alto — 1973 год.

Разработката на изследователския център на фирмата Xerox—PARC (Xerox **P**alo **A**lto **R**esearch **C**enter) в Пало Алто, Калифорния е един от най-иновативните компютри, появявали се някога. През 1972 год. фирмата Xerox решава да създаде персонален компютър с изследователски цели. Резултатът е машината Alto (фиг. 12), първият компютър с мишка, Ethernet мрежа и операционна система с графичен интерфейс с познатите ни менюта, икони и т. н.


фиг. 12
Компютъра Xerox Alto

Процесорът е 16-битов, функционален аналог на миникомпютъра Data General Nova 1220, работещ със скорост около 400000 инструкции/секунда. Адресното пространство е от 64K 16-битови думи (разширяема до 256 K). След стартирането процесорът извиква зареждаща програма от ROM-паметта, след което може да изтегли операционната система и останалия софтуер по мрежата със скорост 800000 бит/сек. ОС е многозадачна и поддържа едновременната работа на 16 задачи. Компютърът има два 3 мегабайтови диска. Мониторът е с размер 20 на 25 см и работи с разделителна способност 606 на 808 пиксела. Мишката е трибутонна. Разработени са най-различни програми за Alto, между които текстовия редактор Bravo, програмата за рисуване Draw, както и първите multyplayer-игри Trek и Mazewar.

Едва ли има компютър, заслужаващ повече от Alto да бъде наречен „първообраз на съвременния персонален компютър“. Фирмата Xerox не го пуска на пазара, но въпреки това тази машина оказва влияние върху развитието на персоналните компютри за десетилетия напред.

7.10. Altair 8800 — 1975 год.

Когато през януари, 1975 год. собственикът на фирмата MITS Ед Робъртс решава да пусне на пазара Altair 8800 (фиг. 13), той очаквал да продаде 200-300 броя от устройството, така че да излезе на печалба. За негова изненада обаче, още през първия месец след пускането на рекламата на корицата на списанието Popular Electronics, получава поръчки за няколко хиляди броя. Процесорът е осембитов Intel 8080, работещ на честота 2 MHz, оперативната (RAM) памет е само 256 байта. Програмирането първоначално става само чрез ключетата, които се виждат на предния панел, като бит по бит се въвеждат кодовете на операциите и чрез друго ключе се вкарват в паметта. Резултатите се отчитат чрез лампичките. По-късно са разработени допълнителни модули като четец на перфолента, допълнителна RAM памет (до 64 KB) и RS-232 интерфейс за връзка към терминал.

След като прочитат на страниците на списанието за Altair, Бил Гейтс и Пол Алън — собственици на една никому неизвестна фирма (Microsoft) веднага разбират, че за да има успех едно подобно персонално устройство, то трябва да може да се програмира лесно, а не чрез ключета и двоичен

фиг. 13
MITS Altair 8800

код. Те се обаждат на Робъртс и заявяват, че имат готов интерпретатор на BASIC за този процесор. Когато ги поканват да отидат да го демонстрират, те набързо спретват някакво демо, и за тяхно учудване програмата сработва. Така се ражда Altair BASIC, който се събира само в 4KB памет. Тъй като Altair няма операционна система, Altair BASIC се разпространява на перфолента и се записва в BIOS. По-късно се създава версия за дискета. Съдбата на Altair 8800 е доста незавидна, тъй като Робъртс закъснява с неговото обновяване и само след година машината губи пазарния си дял от няколко много по-добри персонални устройства.

7.11. Apple II — 1977 год.

През 1976 год. единият от създателите на фирмата Apple — Стив Возняк проектира компютъра Aplle I, който всъщност представлява една голяма платка, интегрираща в себе си всички необходими функционални модули, към която трябва да се добавят кутия и периферни устройства като клавиатура, монитор и т. н. Платката се продава твърде добре на цената от 666 долара, което окуражава Apple и през следващата година Возняк усъвършенства модела, поставя го в една хубава пластмасова кутия и пуска на пазара първия успешен персонален компютър — Aplle II (фиг. 14).

Процесорът е MOS Technology 6502, работещ с тактова честота 1.023 MHz. Към компютъра може да се включи телевизор или монитор, поддържат се 16 цвята при ниска (40/48 пиксела) и 4 цвята при висока (280/192) разделителна способност. Оперативната памет е от 4 до 48 KB. В ROM паметта с размер 12 KB е записан създадения от Возняк език Integer BASIC. Машината има също интерфейс за касетофон, позволяващ запис и четене на информация от обикновена звукова касета. През 1978 год. към машината започва да се предлага 143 KB 5.25" флопидисково устройство, с което се представя и първата версия на операционната система DOS 3.1.

фиг. 14
Пазарният хит Apple II

Гениалният Возняк проектира Apple II с отворен дизайн и 8 разширителни слота, което позволява към машината да се добавят устройства, разработени от множество фирми, като серийни контролери, видеоконтролери, звукови карти, твърди дискове, както и емулаторни карти за други процесори, позволяващи да се стартира софтуер за други операционни системи. Apple II е и първият компютър, който масово се копира и клонира по целия свят. Приложението-убиец, което прави този компютър желан не само за домашни, но и за бизнес-потребители е първата електронна таблица — VisiCalc на Дан Бриклин и Боб Френкстън.

Въпреки доста високата си първоначална цена (1298 долара) Apple II е най-продавания компютър в света пет поредни години чак до 1982 год.

7.12. Адам Осбърн (Osborne 1) — 1981 год.

През 1979 год. английският издател, писател и бизнесмен Адам Осбърн (1939-2003) е обзет от идеята да направи евтин преносим компютър, който да се предлага заедно със софтуерен пакет и наема гениалния компютърен инженер Лий Фелзенщайн да го проектира. През м. април на 1981 год. машината Osborne 1 (фиг. 15) е пусната в продажба. Тя тежи 12 кг и струва 1795 долара, което не изглежда никак много, като се вземе предвид, че в тази цена влиза освен популярната тогава операционна система CP/M 2.2 и програмата за текстообработка WordStar, електронната таблица SuperCalc, програмата за база данни dBase II, както и компилатори за програмните езици CBASIC и MBASIC.

Микропроцесорът е 8-битов Z80A (тактова честота 4 MHz), оперативната памет е 64 KB, постоянната (ROM) памет е 4 KB. Екранчето е едноцветно с размер 13 см, има и две едностранни с единична плътност флопидискови устройства с капацитет 92 KB. В отвора под лявото флопи може да се монтира модем.

Компютърът веднага се превръща в пазарен хит и Osborne Computer Corporation едва успява да изпълни заявките, произвеждайки по 10000 машини месечно. По-късно обаче компанията има проблеми с качеството,

фиг. 15
Преносим компютър Osborne 1

закъснява с обновяването на продукта, появяват се силни конкуренти в лицето на IBM PC и особено на портативния Kaypro II, което я довежда до фалит през 1983 год.

7.13. IBM PC — 1981 год.

Този компютър не е първия опит на IBM да навлезе на пазара на персонални компютри. Още през 1975 год. „синия гигант“ пуска портативния модел 5100, през 1981 год. излиза Datamaster, много добре проектирани, но и ужасно скъпи машини (модел 5100 струва почти 20000 долара, Datamaster струва „само“ 10000), които се продават много слабо. Мениджърите на компанията са направо бесни, защото дългокоси хашлаци като Стив Возняк и Стив Джобс (собствениците на Apple) с начален капитал от хиляда долара печелят милиони за няколко месеца, а многонационалната фирма със десетки хиляди служители, инженери, лаборатории и огромен бюджет търпи провал след провал.

През 1980 год. IBM решава да направи нов опит да навлезе на пазара на персонални компютри, но по различен начин. Събира се група нестандартно мислещи хора, на които е възложено да проучат пазара и да предложат начин за излизане от задънената улица. Един от хората, към които се обръща групата, е собственика на неизвестна тогава фирма — Бил Гейтс от Microsoft. Той им предлага да използват новия Intel-ски 16-битов процесор 8086, както и да обърнат внимание на графичните възможности на машината. По-късно IBM се обръща отново към Гейтс с искане Microsoft да напише интерпретатор на BASIC за ROM-паметта на новия компютър. Гейтс с удоволствие се съгласява, тъй като има разполага с готов такъв (писан преди години за компютъра Altair).

След това IBM се обръща към президента на фирмата Digital Research Гари Килдал за купуване на операционната система CP/M. Разговорите с него обаче завършват с неуспех и IBM се връща отново при Microsoft с

фиг. 16
IBM PC model 5150 — 1981 год.

въпрос дали може да напише операционна система за новия компютър. Това е звездния миг за Гейтс и той веднага се съгласява, след което вместо да започва да пише операционна система, нещо което нито той, нито другите програмисти в Microsoft знаят как да направят, отива и купува една готова такава (QDOS на сиатълския програмист Тим Патерсън, една CP/M-подобна система за Intel 8086) за 50000 долара. Оттук започва пътят, който само след няколко години ще направи Гейтс най-богатия човек в света, а компанията Microsoft — огромния мастодонт, който познаваме ние.

IBM PC Model 5150 (фиг. 16) е представен през август 1981 год. с начална цена 1995 долара, предизвиква голям интерес и само за година са продадени 136000 бр. Този път IBM си взима поука от грешките си и използва само стандартни елементи за изграждане на компютъра и осигурява достатъчно разширителни слотове, за да може всяка фирма да разработва устройства за машината. Стандартната RAM-памет е 16 KB (разширяема до 64 KB на системната платка, до 256 KB чрез 3 допълнителни платки), има монохромен монитор и интерфейс за касетофон. Като операционни системи освен доставената от Microsoft IBM PC-DOS Version 1.0 се предлагат и CP/M-86 и UCSD P. В 64 KB-та ROM-памет е записан интерпретатор Microsoft BASIC-80. За пръв се появява и познатата ни клавиатура с 83 клавиша с 10 функционални и отделени вдясно цифрови клавиши.

Процесорът е Intel 8088 с тактова честота 4.77 MHz, има възможност за добавяне на математически копроцесор Intel 8087. Видеоконтролерът поддържа два текстови (40/25 и 80/25 символа) и два графични (320 на 200 и 640 на 200 пиксела) режима. Има вградено високоговорителче. Входно-изходните портове са пет 8-битови ISA слотове, мониторен, паралелен Centronics и за касетофон. Вградени са 1 или 2 бр. 160 KB 5.25” флопидискови устройства, захранването е 63.5W. Първоначално се предлагат само няколко програми, между които модифицирана версия на Visicalc, но скоро се появява и Lotus 1-2-3 на Сакс и Капор, както и програми за бази данни и текстообработка.

Пазарът посреща възторжено новия компютър на IBM. Пускането на IBM PC е обявено за „събитие на годината“, а само за три години пазарният дял на IBM при персоналните компютри нараства от около 0% до над 40% през 1985 год.

7.14. Commodore 64 — 1982 год.

Commodore 64 (фиг. 17) на фирмата Commodore Business Machines е най-добре продавания компютър за всички времена. През десетте години, докато е в производство, са продадени над 20 милиона броя. Това се дължи не само на неговите качества и на ниската му цена, но и на агресивната пазарна политика на дистрибуторите на машината. Те я продават на цена, понякога дори по-ниска от цената на едро ($100 в средата на 80-те години), като после обаче печелят много от периферните устройства (например флопидисковото устройство (външно, 170 KB, едностранно) струва 4 пъти повече от самия компютър). На подобни „солени" цени се продават и останалите периферни устройства — принтер, монитор, модем, джойстик и др.

фиг. 17
Пазарният хит Commodore 64

Процесорът е MOS 6510, работещ на 1 MHz. Оперативната памет е 64 KB, ROM (read only memory) е 20 KB. Видеото е 16-цветно (320x200 разделителна способност в графичен режим или 25 реда по 40 символа в текстов) или телевизионен сигнал. Входно/изходните портове (освен графичните) са сериен, джойстик и кертридж.

Вграденият софтуер се съхранява в три ROM-чипа и представлява интерпретатор Commodore Basic 2.0, символен набор и ядро (kernel) със системни функции.

Commodore 64 предлага революционни за времето си звукови възможности чрез специален чип (6581 Sound Interface Device), осигуряващ 4-канален звук.

През 1983 год. е пусната на пазара портативна версия — SX64 (фиг. 16). Компютърът тежи 11 kg, има 5 инчов цветен дисплей и 170 KB вградено флопидисковото устройство.

фиг. 18
Commodore SX64

7.15. Apple Macintosh 128K — 1984 год.

Знаменитата серия компютри Macintosh на Apple е открита през януари, 1984 год. с Macintosh 128K (фиг. 19), който се продава на цена 2500 долара. Процесорът е осембитов Motorola 68000, с тактова честота 7.83 MHz (производителност 0,7 MIPS). Вграденото флопидисково устройство е 3,5 инчово с капацитет 400 KB, едностранен запис. Компютърът обаче няма твърд диск. RAM паметта е 128 KB, а ROM паметта — 64 KB. Мониторът е 9-инчов монохромен (512 на 342 пиксела). Клавиатурата е с 59 бутона, мишката е еднобутонна. С машината се доставят програмите за обработка на растерни изображения MacPaint и за текстообработка MacWrite, допълнително могат да се купят Microsoft-ските Word и Multiplan. Именно MacWrite е програмата, популяризирала WYSIWYG концепцията на Xerox PARC (What You See Is What You Get) с множество шрифтове и стилове.

Macintosh е компютъра, който популяризира графичния потребителски интерфейс (GUI) на операционната система (Mac OS 1.0) и мишката като периферно устройство. Част от операционната система се намира в ROM, част се зарежда от дискетата. Изглежда удивително по сегашните ни представи да успееш да събереш на една 400 KB дискета операционна система с GUI, програма за текстообработка от рода на MacWrite и да ти остане освен това място да си записваш документите. В действителност обаче, тъй като системната дискета обикновено е защитена за запис, на повечето потребители се налага да си купят външно флопидисково устройство (на цена от 495 долара), иначе трябва непрекъснато да сменят дискетите във вграденото.

Един сериозен недостатък, който пречи на успеха на машината е, че е ограничена възможността за разширяване (няма разширителни слотове). Предвидени са портове само за мишка, два серийни порта (принтер, модем), външно флопидисково устройство и високоговорител, всеки със собствен конектор, позволяващ да се включват само продукти на Apple. Друг сериозен недостатък е, че поради маркетингови съображения (за по-тиха работа на компютъра) собственикът на Apple Стив Джобс (по това време Стив Возняк вече е напуснал фирмата) не позволява да се постави вентилатор за охлаждане, което води до често прегряване и повреди.

Почти веднага след пускането на Macintosh 128K фирмата започва да разработва и представя нови модели Macintosh. Именно компютрите

фиг. 19
Apple Macintosh 128K

от тази серия популяризират лазерните принтери (LaserWriter, 1985), настолното книгоиздаване (Aldus Pagemaker, 1985), SCSI-интерфейса (Mac Plus, 1986), CD-ROM устройство като стандартно (Macintosh IIvx, 1992), touchpad-а като посочващо устройство за notebook-компютри (PowerBook 500, 1994) и много други нововъведения.

* * *

Както вече видяхме, през 80-те години на XX век вече е ясно, че бъдещето принадлежи на персоналните компютри. Техният брой нараства от около 1 милион през 1980 до над 100 милиона през 1990 год. През това десетилетие се появяват на пазара и първите устройства с оптични дискове (1980 год.), първият филм, базиран на компютърна графика (Tron на фирмата Walt Disney през 1982), Уйлям Гибсън измисля термина „киберпространство“ през 1984, ARPANET се превръща в Интернет, първият разрушителен компютърен вирус на Робърт Морис (1988) — все неща, без които ние, съвременните хора не можем да си представим света на компютрите.

Глава VIII

Световната мрежа

"Най-добрият начин да предвидиш
бъдещето е да го изобретиш."
Алън Кей (един от създателите на компютъра Xerox Alto)

На четвърти октомври, 1957 година Съветският съюз изстрелва първия изкуствен спътник на Земята — *Спутник*. Това знаменателно събитие оказва силен ефект върху другата велика сила по това време — САЩ. Съветските учени изпреварват американските си колеги (които също работят по програма за създаването на подобен спътник), отправяйки по този начин предизвикателство не само към технологичните възможности на САЩ, но и разрушавайки (почти пет десетилетия преди Бен Ладен) самочувствието им на недосегаеми за вражески оръжия. Американският президент Айзенхауър взима веднага мерки. Само след няколко месеца Министерството на отбраната създава агенцията ARPA (през 1972 год. името се променя на DARPA — Defense Advanced Research Projects Agency), чиято задача е да ръководи разработването на нови технологии, подходящи за военни цели. Първоначално ARPA фокусира своите усилия в областта на космическите изследвания, ракетостроенето и ядрените технологии, но в средата на 60-те години започва да отделя все повече внимание и средства и на системите за обработка и разпространение на информацията. Именно благодарение на договорите на ARPA с водещите учени, университети и фирми в областта на информационните и комуникационни технологии са разработени не само ARPANET (прародителя на Интернет), но и Multics (първата операционна система, позволяваща работа на множество потребители в режим на времеделение), направени са първите изследвания в областта на изкуствения интелект, разпознаването на реч, обработката на сигнали, виртуалната реалност и др.

Какво представлява глобалната мрежа, която днес ние наричаме Интернет? Това е огромно отворено множество от свързани помежду си мрежи и компютри, обменящи информация посредством групата протоколи TCP/IP. Всеки отделен компютър се свързва към мрежата посредством кабелна или безжична връзка, минаваща през локален доставчик на услугата. Локалните доставчици са свързани към регионални или национални, които пък от своя страна са свързани към опорната мрежа (backbone) на Интернет посредством високоскоростни комуникационни линии. Информацията, която изпращате и получавате от вашия компютър се разделя на пакети, които преминават последователно от вас през маршрутизатора на локалния доставчик, който го изпраща по най-изгодния в момента път към следващия маршрутизатор и т. н. докато стигне до компютъра на получателя. Маршрутизаторът представлява устройство, свързващо две или повече мрежи. Той разполага със специални таблици, които му помагат да определи най-добрия път за препращане на пакетите и може да комуникира с другите маршрутизатори чрез протоколи.

Както ще видим след малко, тази огромна мрежа не е дело на един човек, или дори на група изобретатели. Подобна изключително сложна технологична структура може да възникне и се развие само с усилията на много хора и в продължение на много години. След близо три десетилетия на относително бавен напредък, в края на второто хилядолетие количествените натрупвания най-после започват да раждат качествени промени. В мрежата вече се съхранява огромно количество информация, която става достъпна във всяка точка на света без (почти) никакво ограничение. Но Интернет не е просто най-голямата в света библиотека, тя постепенно се превръща в основно средство за комуникация, измествайки традиционните поща, вестници, радио, телевизия, телефон и т. н. И все пак и най-дългият път започва с една малка крачка…

8.1. Раждането на ARPANET (1960-1969 год.)

Доста преди да се появи идеята за световната мрежа — Интернет, някои от най-светлите умове на човечеството са виждали в мечтите си част от нейните възможности. Най-известният от тези хора безспорно е английският фантаст Хърбърт Уелс (1866-1946). През 1937 и 1938 год. Уелс публикува серия есета, в които описва мечтата си за създаването на световна съкровищница на мисълта, където да се събират, подреждат, обобщават и сравняват всякакви знания и идеи.

През 1945 год. известният американски инженер и изобретател Ваневар Буш (1890-1974) публикува статията „Както би трябвало да мислим“[1], в която покрай идеята си за автоматизирана библиотека (базирана обаче на микрофилми, а не на компютър) описва т. нар. мемекс (memex) — хипотетично

1 „As we may think“, публикувана в юлския брой от 1945 год. на списанието The Atlantic Monthly — бел. авт.

устройство за съхранение и извличане на информация. Според Буш човешката памет най-често достъпва информацията по асоциация, затова той предлага връзките между документите в мемекса също да бъдат асоциативни. Това е концепция, удивително близка до тази на *хипертекста*, лежаща в основата на организацията на голяма част от информацията в Интернет. Идеите на Буш по-късно оказват влияние върху пионери на мрежата като Нелсън, Ликлайдър и Енджълбарт.

Когато в началото на 60-те години на XX век американският философ и социолог Тед Нелсън (род. 1937) се опитва да създаде система за текстообработка, в която документите са свързани помежду си нелинейно и асоциативно, той използва идеята на Буш и създава термина *хипертекст*.

Първата работеща хипертекстова система обаче е създадена от известния американски изобретател Дъглас Енджълбарт (род. 1925). Неговата система NLS (разработката ѝ започва през 1962, но първата ѝ демонстрация е чак през 1968 год.) спокойно би могла да претендира за Нобелова награда за изобретателност (ако имаше такава), защото в нея освен хипертекста за пръв път е демонстрирана работа с мишка, познатите ни от модерните операционни системи прозорци, компютърни презентации (подобни на тези, създавани с PowerPoint) и др.

Какво все пак представлява идеята за *хипертекста*, предложена от Буш, дефинирана от Нелсън, въведена от Енджълбарт и вкарана в широка употреба от Тим Бърнарс-Лий чрез WWW (World Wide Web)?

Най-общо казано, това е начин на организация на база данни, при която съставящите я обекти (текст, картинки, музика, програми и т. н.) могат да бъдат свързани един с друг. Когато изберете даден обект, вие виждате всички свързани с него обекти и веднага можете да се придвижите към някой от тях. Например, ако четете статия за картините на Леонардо и видите, че името на една картина, например Мона Лиза е оформено като *хипервръзка* (обект, сочещ към друг обект), чрез посочване върху нея може да прескочите на друго място, където да видите репродукция на произведението. Хипертекстовите системи са много удобни за организиране и разглеждане на големи бази данни, съдържащи различни типове информация и стоят в основата на най-голямата база данни в света — WWW.

Идеята за съвместната работа на множество компютри витае в главите на доста хора в средата на XX век. Компютрите по това време са били толкова малко и толкова скъпи, че самата идея да се предостави такава машина на разположение само на един човек, който да работи интерактивно с нея, е немислима. Изходът е очевиден, дава се възможност за интерактивна работа, но на всеки потребител се отделя една малка част от времето на процесора. Първите практически предложения за създаване на мрежи

фиг. 1
Клайнрок и първия IMP в UCLA

от компютри, работещи интерактивно в режим на времеделение (time-sharing) са от 1959 год. на англичанина Кристофър Стечи и американеца Джон Маккарти. Малко по-късно започва работа по създаването на такива системи в няколко американски университета и фирмата Bolt, Beranek and Newman (BBN), където по това време работи Ликлайдър.

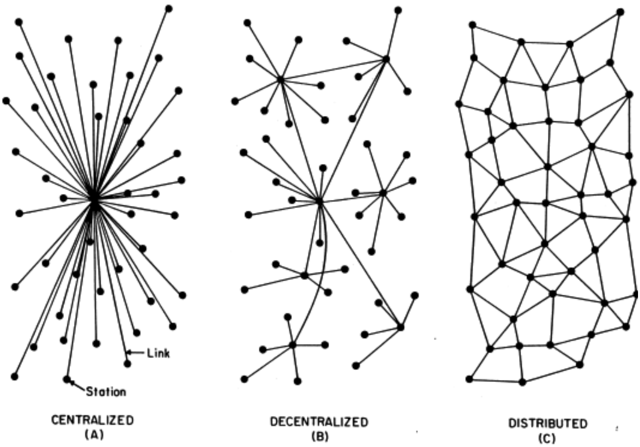
Основите на доминиращата мрежова комуникационна технология днес — пакетното превключване, са поставени в началото на 60-те години на XX век с трудовете на американците Леонард Клайнрок, Пол Барън и англичанина Доналд Дейвис. Моделът на мрежите с пакетно превключване е основополагащ не само за Интернет, но и за мрежови технологии като Ethernet, X.25, Frame relay, GPRS и др.

При мрежите с пакетно превключване данните се разделят на малки части, наречени пакети. Пакетът представлява блок от данни, към който са прикрепени адресите на получателя и изпращача, както и служебна информация. Пакетите се придвижват (маршрутизират) между възлите на комуникационната среда, без да има предварително установен физически път между началната и крайната точки, като се избира най-изгодния в момента път, определен от маршрутизиращ алгоритъм. Доставката им до получателя не е гарантирана, като изпращача чака потвърждение за получаването на всеки пакет от получателя и ако не получи такова, след определен период от време го изпраща отново и продължава така, докато не получи потвърждение за получаването му.

Въпреки че през 60-те години на XX век по-голямата част от комуникационните специалисти са считали, че такъв тип мрежа не може да функционира надеждно, твърде скоро става ясно, че такава мрежа не само работи, но и минимизира латентността (забавянето) и оптимизира използването на честотната лента на комуникационните канали.

Първата публикация на тази тема е на учения от МТИ[1] (Масачузетския

1 Massachusetts Institute of Technology, намиращ се в Кеймбридж, щата Масачузетс е най-авторитетния технически университет в света, в него са учили или преподавали 61 Нобелови лауреати — бел. авт.

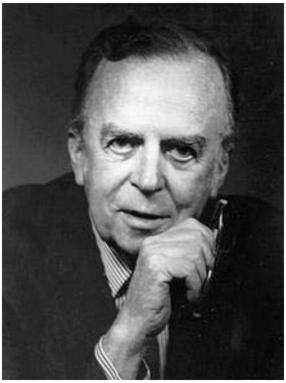


фиг. 2
Схемата на Барън на двата основни вида мрежи — централизирана (лявата) и разпределена (дясната) и смесеният тип — децентрализирана (в средата)

Технологичен Институт) Леонард Клайнрок (фиг. 1). При подготовката на докторската си дисертация Клайнрок (род. 1934) публикува през юли, 1961 год. статия, поставяща основите на математическата теория на мрежите с пакетно превключване. През 1964 год. той синтезира своите изследвания в тази област в книгата „Комуникационни мрежи“. Именно теоретичните разработки на Клайнрок убеждават по-късно Лари Робъртс (ръководител на екипа, проектирал ARPANET) в работоспособността на пакетно-превключващите мрежи. След защитата на дисертацията си през 1963 год. Клайнрок се премества в UCLA (Калифорнийския Университет в Лос Енджелиз), където продължава да се занимава с мрежови технологии. Именно на ръководената от него група през 1969 год. е възложено да организира Център за Мрежови Измервания и заедно със специалистите от фирмата BBN в края на август да инсталира първия възел на ARPANET.

Електроинженерът Пол Барън[1] започва през 1959 год. работа в изследователската организация RAND, а на следващата година получава задача да разработи технология на надеждна комуникационна мрежа за военни цели. Резултатите (във вид на 11 статии) Барън представя от лятото на 1961 год. до края на 1962 год., но поради секретността на изследванията, те стават известни на научната общност едва през 1964 год., когато са обобщени и публикувани в книгата "За разпределените комуникации". В своите изследвания Барън подробно описва една разпределена, надеждна, пакетно-превключваща мрежа. Както се вижда на фигурата (фиг. 2), при унищожаване на централния възел на мрежа от централизиран тип всички възли излизат от строя. При междинния тип мрежи (децентрализирани) унищожаването на централния възел разделя мрежата на множество работоспособни отделни малки мрежи. При разпределената мрежа обаче е много трудно да бъдат нанесени поражения, водещи до съществено

1 Род. 1926 год. в Гродно, Беларус, в еврейско семейство, което по-късно емигрира в САЩ — бел. авт.



фиг. 3
Джоузеф Ликлайдър

разстройство в работата ѝ. Разглеждайки евентуална военна атака върху такава мрежа Барън стига до извода, че чрез сравнително малък излишък от връзки между възлите може да се постигне изключително висока надеждност. Той прави извода, че „Ние скоро ще живеем в ера, в която не можем да гарантираме оцеляването на която и да е точка от мрежата. Ние обаче можем да проектираме такива системи, при които разрушаването на цялата система изисква от врага да унищожи голяма част от възлите. Ако броят на възлите е достатъчно голям, можем да считаме, че тази структура е изключително надеждна — дори в термоядрената ера."

От тези негови думи по-късно добива популярност легендата, че ARPANET е проектирана така, че да издържа на атомна атака. Основната причина обаче за сегашната структура и организация на Интернет е факта, че именно това е оптималния и може би единствено възможен на практика вариант за подобна гигантска глобална мрежа, в която във всеки един момент може да отпадне част от превключващите устройства и комуникационните канали. Именно Барън описва пръв двете ключови идеи на Интернет: децентрализиран модел с множество пътища между две точки и възможност за разделяне на потребителските съобщения на т. нар. *message blocks* (*пакетите* на Дейвис), преди изпращането им към получателя. Барън поддържа контакти и обменя идеи с другите учени, работещи в тази област като Ликлайдър, Робъртс и Клайнрок.

Почти по същото време английският учен Доналд Дейвис от Националната Физическа Лаборатория в Мидълсекс разработва мрежа с пакетно превключване. Именно Дейвис въвежда термините *пакет* (за да опише 128-байтовите блокове с данни, които циркулират в мрежата) и *пакетно превключване*, които Лари Робъртс по-късно започва да използва. На базата на разработките на Дейвис в началото на 70-те години в Англия са построени мрежите Mark I и Mark II, които обаче не получават щедрото финасиране на ARPANET, за да могат да се развиват.

Ако Клайнрок, Барън и Дейвис могат да бъдат наречени „материални бащи на Интернет", то титлата „идеен баща на Интернет" несъмнено трябва да бъде присъдена на Джоузеф Ликлайдър (1915-1990).

„Лик" (както всички го наричат) (фиг. 3) е една обаятелна личност, притежаваща рядко срещани като комбинация качества: изключителен интелект и скромност, воля и фантазия, работоспособност и умение за общуване с хора. След като става магистър по физика, математика и психология и защитава докторска степен в областта на психоакустиката, в началото на 50-те години той започва работа по военния проект SAGE за изграждане на компютърно-базирана система за въздушна отбрана. Навлизането в света на компютрите от гледната точка на психолог му дава уникален поглед върху тяхното развитие. През 1960 год. излиза известната му статия "Симбиозата човек-компютър", в която между другото се казва следното: „Изглежда разумно да предвидим, че след 10-15 години ще съществува един *мозъчен център*, който ще обединява функциите на сегашните библиотеки, заедно с очакваните нови открития в областта на съхраняването и извличането на информация, както и симбиотичните функции (между човека и компютъра — *бел. авт.*), разгледани по рано в тази статия. Можем лесно да разширим предвиждането си за мрежа от такива центрове, свързани помежду си чрез широколентови комуникационни линии и към индивидуалните потребители чрез наети линии. В една такава система ще се постигне баланс на скоростта на компютрите и цената на гигантските памети и сложните програми ще се раздели на броя на потребителите."

През 1962 год. Лик (заедно с Уелдън Кларк, създател на първата в света програма за графична обработка) публикува статията „Онлайн комуникацията човек-компютър", в която говори за една въображаема глобална мрежа, работеща в режим на времеделение, наречена от него *междугалактическа мрежа* (intergalactic network). Тези свои идеи Лик доразвива в издадената през 1968 год. статия „Компютърът като комуникационно устройство" (написана в съавторство с Робърт Тейлър, третия директор на агенцията IPTO). В началото на 60-те години Лик работи по изследване на тема „Библиотеките на бъдещето", резултатите от които са обобщени в излязлата през 1965 год. едноименна книга. В нея той описва идеята си (подобна на идеята на Ваневар Буш, с която е бил запознат) за създаване на компютъризирана автоматична библиотека, към която едновременно могат да се свързват множество потребители.

През 1962 год. Лик е назначен за директор на новосъздадената Служба за обработка на информацията (Information Processing Techniques Office – IPTO) към ARPA. Една от главните задачи на службата е да свърже в надеждна мрежа пръснатите из цялата територия на САЩ компютри на системата за радарна защита SAGE. Под негово ръководство IPTO създава и финансира щедро изследванията в областта на компютърните и мрежови технологии на тринадесет работни групи от водещите университети и компютърни фирми на САЩ. Именно по това време благодарение на изключителната си енергия и способност да убеждава той успява да „запали" с идеите си хора като Садърленд, Мерил и Тейлър, които след няколко години ще изиграят решаваща роля при създаването на ARPANET.

Разбира се, Лик не е единственият човек, предвидил скорошната поява на глобална информационна мрежа. В началото на 60-те години канадецът Маршъл Маклуън (1911-1980) популяризира концепцията за *глобалното село*. Според нея благодарение на съвременните средства за комуникация човешката цивилизация вече разполага с *електронна нервна система* и тази промяна ще има изключителен ефект върху нея. Маклуън е имал предвид радиото, телевизията и другите комуникационни канали, популярни по това време, защото просто не е разполагал с информация за работата по създаването на ARPANET, но ако е знаел за предстоящото раждане на глобална компютърна мрежа, това още повече би засилило ефекта от неговите революционни прогнози.

През 1963 год. IPTO финансира създаването на т. нар. project MAC — група талантливи учени, на които е поставена задача да разработват технологиите на бъдещето. Още на следващата година групата разработва Multics — първата достъпна операционна система, позволяваща работа в режим на времеделение (time sharing).

През 1964 год. Лик отива да работи за IBM и предава директорския пост на IPTO на Айвън Садърленд[1]. Именно Садърленд сключва през 1965 год. договор с известния изобретател от МТИ Лорънс (Лари) Робъртс за развитие на мрежовите технологии, чиито краен резултат е пускането в действие на ARPANET. През същата година Лари Робъртс и Томас Мерил, работейки по изследване за съвместна работа на компютри в режим на времеделение реализират първата глобална мрежова връзка. Те разработват специален протокол и свързват чрез модеми (1200 бита/сек) по телефонна линия един компютър TX-2 в Lincoln Laboratory на МТИ в Масачузетс с един Q-32 в Санта Моника, Калифорния. Експериментът убеждава двамата изобретатели, че този тип мрежи са напълно работоспособни, но начинът на връзка (директно свързване чрез ненадеждна телефонна линия) е неподходящ и насочва Робъртс към търсене за друга технология, което по-късно го довежда до избора на пакетно-превключващата технология.

През 1966 год. новият директор на IPTO Робърт Тейлър (силно повлиян от идеите на Лик) назначава Робъртс за главен учен, осигурявайки му изключително щедро финансиране с една единствена цел — да изгради разпределена комуникационна компютърна мрежа.

През 1969 год. самият Робъртс поема поста директор на службата. Когато напуска през 1973 год. той предава поста на първия директор — Ликлайдър, цикълът се затваря, мрежата е вече факт.

През април 1967 год. на конференция в Мичигън Робъртс представя сво-

1 Ivan Sutherland е един от пионерите на компютърната графика (революционната програма Sketchpad), тримерното компютърно моделиране, computer aided design (CAD) и виртуалната реланост — бел. авт.

ето виждане за структурата на бъдещата глобална мрежа и по време на обсъжданията става ясно, че за да бъде построена една подобна мрежа трябва да бъдат решени два основни проблема:

1. Да се конструрира „подмрежа“ от телефонни схеми и превключващи възли, чиято надеждност, закъснения, капацитет и цена да бъде подходяща за свързването на компютри в глобална мрежа.

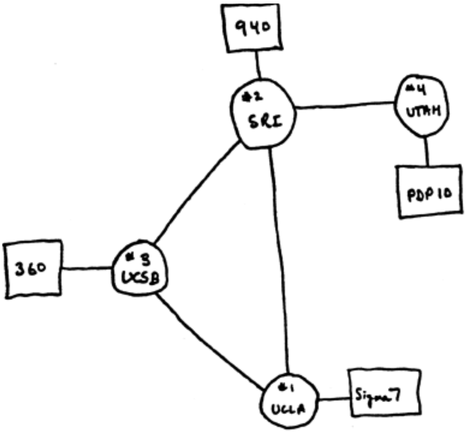
2. Да се изучат, проектират и създадат съответните протоколи и процедури в рамките на операционната система на всеки компютър, който трябва да бъде свързан.

фиг. 4
IMP

Първоначално идеята на Робъртс е всички мрежови функции да се изпълняват от хост-компютрите. Един от участниците в конференцията обаче — компютърният инженер Уесли Кларк от МТИ, предлага много по-добро решение — комуникациите да се управляват от отделни малки компютри (наречени по-късно Interface Message Processors – IMP), към които да се свързват хост-компютрите, като по този начин се отдели до голяма степен мрежовата структура от тях. Така ще се осигури много по-голяма надеждност и ARPA ще запази контрола върху мрежата.

През 1967 год. Робъртс публикува първата статия за структурата на ARPANET, а през 1968 год. е готов с окончателния проект за мрежата, както и с описанието на IMP и първите четири броя са поръчани на фирмата BBN, която вече споменахме като един от пионерите при разработката на системи за времеделение. Подписан е и договор със създадения от Клайнрок в UCLA (Калифорнийския Университет в Лос Енджелиз) Център за Мрежови Измервания, който да поеме измерванията на бъдещата мрежа и с още три други университета, определени за свързване към ARPANET — UCSB (Калифорнийския Университет в Санта Барбара), SRI (Станфордския Изследователски Институт) и UU (Университета на Юта в Солт Лейк Сити). В екипа на Клайнрок в UCLA влизат няколко студенти, оставили забележима следа в последвалото развитие на мрежата — Винтън Сърф, Джон Постъл, Стив Крокър и Майк Уингфилд, който разработва хардуерния интерфейс между компютъра на UCLA (SDS Sigma 7) и IMP.

За разработката на софтуера, необходим за свързване на хост-компютрите (хост се нарича компютър, свързан към мрежата) към IMP-подмрежата се създава работна група (т. нар. Network Working Group — NWG), в която влизат представители на първите четири сайта, определени за свързване



фиг. 5
Оригиналната схема на Лари Робъртс на първите 4 възела в ARPANET

към ARPANET.

За изработката на IMP екипът на BBN (в който главна роля играе Робърт Кан), използва компютъра DDP-516 на фирмата Honeywell. Това е миникомпютър с размер на хладилник (фиг. 4), който има процесор, работещ на честота 500 KHz и разполага с 24K байта феритна памет. IMP изпълнява функцията на превключвател за съхранение и изпращане на съобщения, нещо подобно на съвременните маршрутизатори. Всеки IMP може да поддържа до четири локални хост-компютъра (свързани към него чрез сериен интерфейс) и да комуникира със шест отдалечени IMP-а чрез модеми по 50 Kbps наети линии.

На 30-ти август, 1969 год., първият IMP е доставен в Лос Енджелиз и два дни по-късно е пуснат в действие. Месец по-късно заработва и бива свързан към него вторият IMP в Станфорд, а по-късно (декември, 1969) към първите два IMP-а са свързани и тези в Санта Барбара и Солт Лейк Сити (фиг. 5). Първите експерименти с мрежата, проведени на 29-ти октомври същата година, първоначално не са много успешни. Ето как описва Клайнрок първия опит за отдалечено влизане от компютъра на UCLA в този на SRI (Клайнрок наблюдава действията на студента Чарли Клайн, който се опитва да отвори терминална сесия от компютъра на UCLA (SDS Sigma 7) към този на SRI (SDS 940), свързани чрез своите IMP-ове и да напише командата login):

“Направихме телефонна връзка с хората в SRI и започнахме да натискаме клавиши. Натиснахме клавиша L и попитахме по телефона:

“Виждате ли L?”

“Да, виждаме L”—отговориха те.

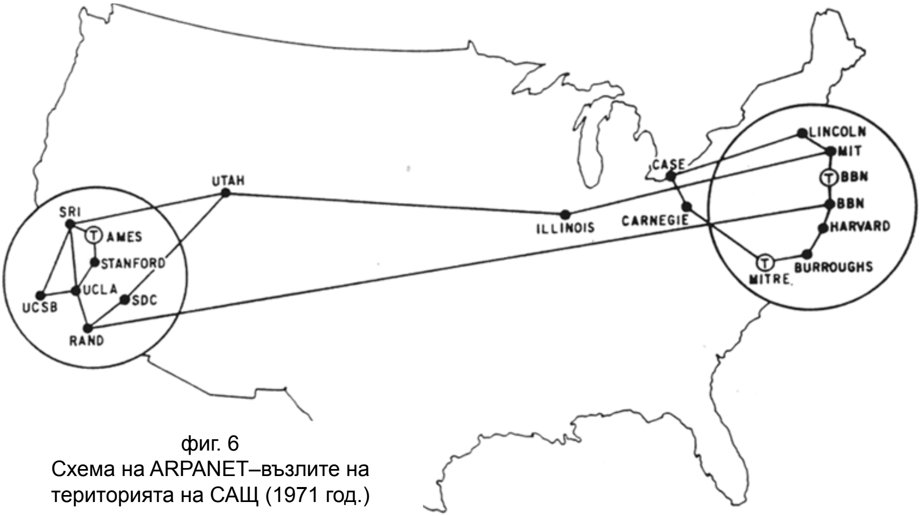
Натиснахме O и попитахме “Виждате ли O?”.

“Да, виждаме O”.

След това натиснахме G и проклетата система заби…”

При следващия опит обаче, проведен само час по-късно, връзката е успешна. Мрежата работи!

Първите мрежови протоколи, разработени от ръководената от Стив Крокър група NWG, са за отдалечено отваряне на интерактивна сесия (подобен



фиг. 6
Схема на ARPANET–възлите на територията на САЩ (1971 год.)

на telnet) и за копиране на файлове (подобен на FTP) между отдалечените хостове. В края на 1969 год. обаче по указания на Лари Робъртс групата започва проектирането на универсален хост-към-хост протокол, който през 1970 год. става базов за ARPANET, това е Network Control Program (NCP). NCP е програма, работеща на всеки хост, позволяваща на всички останали програми да се свързват към мрежата, като установява и прекъсва връзки и контролира мрежовия трафик. Точно по това време започва разделението на мрежовите функции на слоеве, прераснало по-късно в известния днес седемслоен OSI-модел. Според този модел NCP е протокол от по-нисък слой, позволяващ на протоколите от по-високо ниво като telnet и FTP да комуникират помежду си. NCP остава основен протокол на мрежата чак до 1983 год., когато е заместен от разработения от Робърт Кан и Винтън Сърф TCP/IP.

8.2. Съзряването на мрежата (1970-1983 год.)

В средата на 1971 год. ARPANET вече има 15 възела (фиг. 6), към които са свързани 23 хоста, като всички с изключение на тези във фирмата-разработчик на мрежовите устойства (IMP) — BBN и космическата агенция NASA са в университети. BBN започва производството на усъвършенстван модел — Terminal IMP (TIP). За неговото изграждане се използва по-евтин компютър — Honeywell 316, който обаче може да поддържа до 64 терминала, директно свързани към него, което е голямо предимство.

През 1971 год. Мъри Туров (род. 1936) разработва и първата модерна *чат*-система. Елементарни програми за разговори (чат) между потребителите на един компютър, работещ в режим на времеделение се появяват още в средата на 60-те години. Създадената обаче от Туров система, наречена EMISARI е първата, позволяваща разговори между потребителите на различни компютри и разполага с изключителни за времето си възможности като: показване на списък на активните потребители, показване на съобщение, когато някой напусне или се включи в група за разговори, възможност за гласуване и др. EMISARI се използва от правителството на САЩ при управлението на кризисни ситуации чак до 1986 год..

През 1972 год. един от изобретателите на BBN — Рей Томлинсън (род. 1941), който по това време работи върху усъвършенстването на две програми, едната от които е за изпращане на съобщения между потребителите на един и същ компютър (SNDMSG), а другата — за изпращане на файлове между различни компютри (CPYNET), решава да комбинира възможностите им. В резултат се появява първата e-mail програма. Интересен е избора на Томлинсън на символа @ (чете се като предлога at[1] — „ет“) като съставна част на e-mail адреса, служещ за разделител между името на потребителя и това на хоста. Отдалечените адреси (за разлика от локалните, обозначаващи потребители на същия компютър) включват символа @, защото както казва Томлинсън „той обозначава местоположение и е единствения предлог, който е обозначен на клавиатурата“. Първата програма за управление на e-mail, чрез която могат лесно да се четат, отговарят, записват и препращат съобщения е написана през 1975 год. от Джон Витал.

През 1972 год. Лари Робъртс възлага на Робърт Кан да организира първата демонстрация на ARPANET пред публика. Това става през октомври на Международната конференция за компютърни комуникации във Вашингтон. В предизвикалата изключителен интерес демонстрация взимат участие около 40 компютъра, свързани помежду си чрез TIP. Демонстрирани са интерактивна игра на шах, симулация на система за въздушен контрол, разговор между програми за изкуствен интелект и др. През същата година е демонстриран първия чат (разговор) между компютърни програми, а Джон Постъл описва в RFC[2] 318 протокола telnet, който заедно с описания от Алекс Макензи в RFC 454 протокол FTP (File Transfer Protocol) се използва в Интернет и до момента.

През 1973 год. към ARPANET са свързвани първите два възела извън САЩ — в Лондонския University College и в норвежкия научен цен-

1 Английският предлог at (ет) се използва обикновено за означаване на местоположение – в, на, при, до, за — бел. авт.

1 RFC (Request For Comments) документите са предложени от Стив Крокър през 1969 год. като бърз неформален начин за обмяна на идеи, публикуване на резултати и друга информация за Интернет — бел. авт.

тър NORSAR, чрез сателитна връзка е свързан и възел на Хавайските острови. През същата година в RFC 741 е описан NVP (Network Voice Protocol) — протокол за гласова комуникация чрез ARPANET, ще трябва да минат обаче почти три десетилетия, за да стане популярна подобна услуга, която днес наричаме IP-телефония. Потребителите на ARPANET вече са над 2000, а email-ът се е превърнал в най-важното приложение на мрежата, генериращо над 3/4 от общия трафик.

През 1973 год. започва и разработката на две мрежови технологии, без които днес не можем да си представим света на компютрите. Това са Ethernet, идеята за която е описана в докторската дисертация на Робърт Меткалф и протокола TCP, чиито основни разработчици Винтън Сърф и Робърт Кан, а по-късно и Джон Постъл.

Изобретателят от изследователската лаборатория на Xerox — PARC Робърт Меткалф придобива значителен опит в компютърните мрежи още докато работи в МТИ. Когато през 1972 год. започва работа в PARC, той заварва там една работеща, но твърде ограничена и ненадеждна мрежа, която решава да подобри. Тогава той си спомня за една безжична мрежа (ALOHAnet), която е видял да работи много добре на Хавайските острови. ALOHAnet е една типична пакетно-превключваща мрежа, при която преди изпращане информацията се разделя на пакети, не по-големи от 1000 бита, към които се прикрепя адреса на получателя. Другите компютри в мрежата подслушват честотата за пакети, като приемат само тези, които са предназначени за тях, другите просто игнорират.

Меткалф предлага за преносна среда да се използва евтин коаксиален кабел. За да бъде добавен към мрежата един компютър, той трябва да има мрежова карта, която да бъде включена към общия кабел. Преди да изпрати данни, компютърът първо се „ослушва“, за да се увери, че в момента в мрежата няма пакети и тогава изпраща своите. Ако се случи така, че два компютъра едновременно да започнат изпращане и се получи конфликт (т. нар. „колизия“), те спират изпращането, изчакват случайно избран интервал от време и пак опитват изпращане. Чрез математически анализ Меткалф доказва, че една подобна мрежа може да пренася голям трафик, без да се претовари и практиката потвърждава това. Първата Етернет мрежа, която Меткалф и помощникът му Дейвид Богс правят, работи със скорост 3 мегабита/сек, скорост многократно по-висока от 50-те килобита/сек, с които работи по-това време ARPANET.

Точно по времето, когато Етернет-технологията прави възможно евтиното и надеждно свързване на компютрите в мрежа, се появяват на пазара и персоналните компютри. Само след няколко години комбинаията от тези два фактора довежда до експлозивно нарастване на броя на компютрите и локалните мрежи, подготвяйки почвата за Интернет.

Първото описание на протокола TCP е в RFC 675, публикуван през 1974 год. През 1975 год. започват първите експерименти с протокола, а през 1977 год. Сърф и Кан свързват помежду им компютри от три различни пакетни мрежи, работещи с TCP, намиращи се в САЩ, Англия и Норвегия. Демонстрацията е успешна, пакетите пътуват 150000 км от Сан Франциско до Лондон и обратно, без да се загуби и един единствен бит. През 1978 год. с представянето на трета версия на TCP започва разделянето му на две части — TCP и IP. TCP се грижи за разделянето на данните на пакети, контрола за грешки, препредаването и сглобяването на пакетите. IP осигурява маршрутизирането на пакетите. През 1981 год. започва постепенното преминаване на възлите от NCP към TCP/IP като основен мрежов протокол на мрежата, което завършва до края на следващата година. Оттогава започва победния ход на този протокол, който в наши дни е в основата не само за Интернет, но и за повечето локални мрежи. Разработената в края на 70-те години четвърта версия на протокола (IPv4) се използва масово днес. При тази версия адресът на всяко мрежово устройство се задава с 32-битово двоично число, което най-често се разделя на четири байта и се изписва с десетични цифри по следния начин — 210.56.78.34. Лесно може да се пресметне, че ако се използва пълно този обхват, могат да се зададат адреси на 4 294 967 296 (2^{32})устройства. Четири милиарда изглежда доста голямо число, но като се вземе предвид, че част от този обхват е резервирана и не може да се използва, както и бързото нарастване на свързаните към мрежата устройства, веднага става ясно, че в скоро време ще има недостиг на адреси, затова през 1995 год. е публикувано описанието на новата — шеста версия (IPv6). При нея за адреса вече са отделени 48 бита, което би трябвало да е предостатъчно в обозримото бъдеще. Преходът към нея обаче върви много бавно, тъй като тя изисква промяна в архитектурата и софтуера на цялото комуникационно оборудване.

През 1974 год. фирмата BBN пуска в действие Telenet, първата обществена пакетна мрежа (комерсиална версия на ARPANET).

През 1976 год. Bell Labs разработва протокола UUCP (Unix-to-Unix CoPy), а BBN започва доставката на новите многопроцесни IMP-ове Pluribus, но някои от старите IMP и TIP устройства продължават да работят чак до 1989 год.

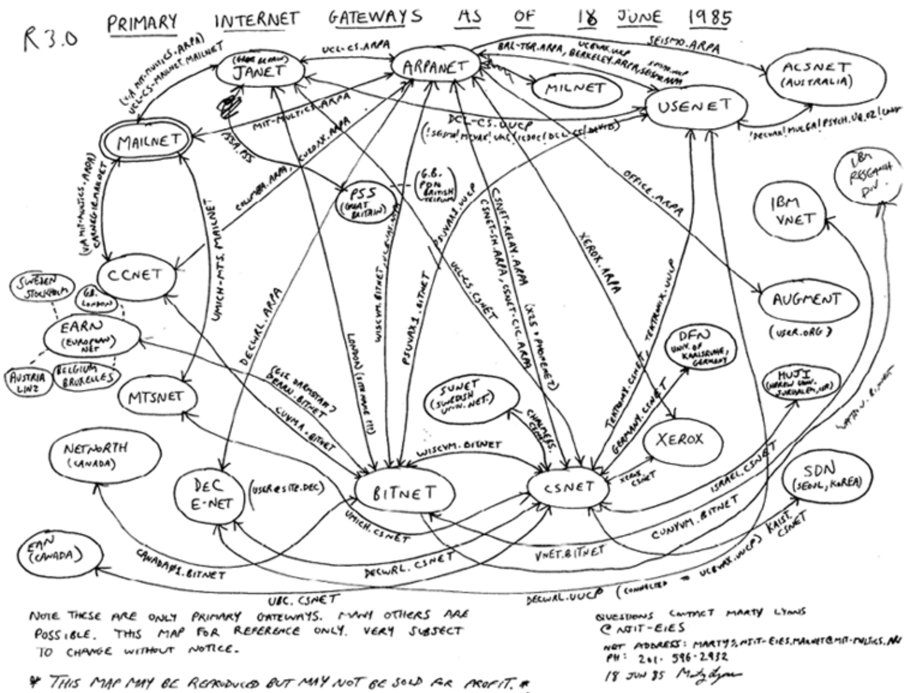
През 1978 год. е пусната в действие първата BBS-система (Bulletin Board System). Системи от този вид остават изключително популярни чак до средата на 90-те години, когато стават излишни след разпространението на WWW. Нейни създатели са двама американци от Чикаго — Уорд Кринстенсен и Ренди Суес. Тази система позволява създаването на една виртуална дискусия, давайки възможност на участниците в нея да публикуват съобщения на виртуална *дъска* (board), както и да четат и отговарят на съобщенията на другите. Тъй като по това време ARPANET е ограничена само за военни и академични цели, новата система се развива отделно от нея и създадените множество BBS-групи започват да се присъединяват към мрежата едва десет години по-късно.

През 1979 год. двама студенти от Университета Дюк в Северна Каролина решават да направят система, която да позволява обмен на новини чрез протокола UUCP, полагайки по този началото на USENET. Добилата изключителна популярност през следвашите години система позволява обмяната на съобщения между членовете на йерархично-организирани групи по интереси (т. нар. newsgroups). През 1986 год. е разработен специален протокол за тази цел—Network News Transfer Protocol (NNTP).

През 1979 год. Кевин Макензи предлага използването на специални символни комбинации, (наречени по-късно емотикони[1]), изразяващи емоции. Широкото използване на емотиконите започва обаче едва през 1982 год. когато Скот Фалман предлага използването на **:-)** (усмивка, положителни емоции) и **:-(** (намръщено лице, отрицателни емоции).

През 1979 год. Националната Научна Фондация (National Science Foundation—NSF) финансира разработката на мрежата CSNET, чието предназначение е свърже компютърните мрежи на университетите, които не са свързани към ARPANET. През 1984 год. NSF организира пет суперкомпютърни центъра и започва разработката на усъвършенствана мрежа, която трябва да свърже тези центрове. Новата мрежа NSFNET е базирана на TCP/IP, разполага с 56-килобитова опорна мрежа (backbone) и започва много бързо да се разраства. През 1988 год. скоростта на опорната мрежа на NSFNET е вдигната до 1,5 мегабит/сек и към нея се присъединяват множество други TCP/IP мрежи (общо повече от 170). Когато през 1990 год. официално е обявено спирането на ARPANET, повечето университетски компютри се прехвърлят към NSFNET. С разширяването на мрежата все повече се засилва натиска да се разреши комерсиалното използване на мрежата, нещо което ръководителите първоначално не разрешават, за да се запази използването на честотната лента само за научни цели. Създават се множество паралелно работещи комерсиални мрежи, най-големите от които са ALTERNET, PSINet, CERFNet, NERNet и др. В края на 1992 год. NSFNET вече включва в себе си над 7500 мрежи, само една трета от които са в САЩ. Скоростта на опорната мрежа е вдигната до 44.736 МБ/с, а през следващата година регионалните NSFNET мрежи прехвърлят връзките си към комерсиалните доставчици, които са свързани към мрежата и през

1 На английски език терминът е emoticons, съставна дума от **emot**ions и **icons** —бел. авт.



фиг. 7
Основните шлюзове към ARPANET

1995 год. мрежата официално е закрита.

През 1982 год. се появява концепцията за „интернет“, представляваща група от свързани помежду си мрежи, използващи TCP/IP и за „Интернет“, като съвкупността от свързани помежду си „интернети“. В Европа се създава мрежата EUnet, която предоставя услугите email и USENET.

В RFC 819 се описва необходимостта от обща конвенция за именуване в Интернет, базирана на домейни, представя се и първия домейн от високо ниво (ARPA). Според тази концепция домейн-имената (първоначално се говори само за email-имена) трябва да се променят от използваната в момента *потребител@хост*, към *потребител@хост.домейн* (под домейн в компютърните архитектури се разбира група компютри, използващи услугите на даден сървър). Имената на домейни се състоят от залепени (с помощта на точка) „прости“ имена. Най-накрая се поставя името на домейна от най-високо ниво (top-level domain), до него се поставя името на по-долния в йерархията домейн и т. н. докато се изчерпят всички домейни. Например ако напишем email-името alexander@mip.government.arpa, това ще означава, че пощенската кутия на потребителя alexander се намира на хоста mip, който е регистриран в домейна government, който пък от своя страна е регистриран в домейна arpa.

Буквените имена се изпозлват отдавна в ARPANET, защото почти веднага след създаването на мрежата хората разбират, че името на хоста се помни много по-лесно от адреса му, освен това при създаването на мрежови програми е много по-удачно да се използва име, вместо адрес, който може всеки момент да се промени. За тази цел на всеки сайт се създава един обикновен текстов файл (HOSTS.TXT), в който са записани имената и съответстващите им адреси. Скоро след това става ясно, че не е удачно да се дублират записите във всеки хост, а трябва да се направи един управляващ такъв, в чиито HOSTS.TXT файл да са описани всички имена и от който другите да изтеглят информацията при необходимост. Тази система работи почти цяло десетилетие, от 1973 до 1983 год. С разрастването на мрежата обаче централизираното управеление на такава голяма динамична база данни става все по-неудобно, поради което започва разработката на системата DNS, която представлява разпределена база данни за имената и адресите на всички хостове в Интернет. През 1983 год. в Университета на Уисконсин е пуснат в действие първия сървър за имена (name server). Няколко години по-късно е разработен DNS-сървър, наречен BIND, който и до момента си остава най-често изполвания в Интернет.

През 1983 год. Мрежата CSNET се свързва към ARPANET чрез шлюз. а ARPANET се разделя на военна (MILNET) и гражданска част (ARPANET), като 68 от съществуващите към момента 113 възела преминават към MILNET. В Европа се създава мрежата за научни цели EARN, свързана към ARPANET чрез шлюз.

8.3. Интернет завладява света (1984-2000)

През 1984 год. броят на хостовете, свързани към мрежата за пръв път надвишава 1000. След двегодишни разработки започва тестването на системата DNS (Domain Name System). Мрежата прониква дори и зад „желязната завеса“, един съветски компютър е свързан към USENET. В RFC 920 са определени следващите 5 домейна от най-високо ниво — GOV, EDU, COM, MIL и ORG.

През 1985 год. започва регистрирането на първите DNS-имена, след symbolics.com са регистрирани cmu.edu, purdue.edu, rice.edu и т. н. Към ARPANET чрез шлюзове вече са свързани множество мрежи, основните от които са дадени на фиг. 7.

На втори ноември 1988 год. се случва събитие с голям (негативен) ефект за бъдещето развитие на Интернет и компютрите — в мрежата се разпространява червей (компютърен вирус), който успява да зарази „за нула време“ почти една десета от всички около 60000 хоста, свързани тогава към мрежата. Това е първия масов вирус, а негов автор е 23-годишния студент в Корнуелския университет Робърт Морис. За разпространението на вируса си Робърт използва „дупка“ в сигурността на пощенската програма *sendmail* и на демона[1] *fingerd* за Unix. Морис написва вируса с изследователска цел (поне така твърди) и не възнамерява да причинява щети на заразените компютри, но поради програмна грешка вирусът може да заразява многократно един и същи компютър, довеждайки го в крайна сметка до блокиране, създавайки по този начин доста главоболия на администраторите и причинявайки щети за милиони долари. През юли 1989 год. Морис е обвинен и по-късно осъден.

В края на осемдесетте години информацията в Интернет вече е толкова много, че се превръща в сериозен проблем да намериш това, което ти трябва. Протоколите FTP и telnet могат да се използват за откриване на файлове, само ако знаеш къде се намират те. Интернет обаче все повече се разраства и заприличва на една огромна библиотека без указател, в която са нахвърляни безразборно огромни купчини книги. Първите опити за създаване на някакви каталози са дело на хора, които създават списъци с препратки към различни документи, групирани по теми. Първият сериозен опит обаче за индексиране (създаване на указател-индекс) на информацията в мрежата в направен през 1989 год. от канадеца Алан Емтидж, който създава търсачка за общодостъпни FTP-сайтове, наречена Archie. Програмата периодично претърсва FTP-сайтовете, предлагащи анонимен достъп и създава база данни с имената на откритите файлове. Всеки потребител може да се свърже към даден Archie-сайт чрез telnet-сесия и да прегледа и/или изпрати интересуващите го файлове на своя email-адрес.

Докато търсачките Archie индексират файлове, създадените малко по-късно търсачки тип Gopher (първата подобна е написана от американеца Марк Маккахил през 1991 год.) индексират текстови документи и са много по-лесни за работа. Откритите от тях файлове се подреждат в списъци тип *меню*, като менютата от различните сървъри се обединяват. Когато потребителят влезе в Gopher-сървър, вече не е необходимо да пише команди на операционната система (както е при Archie), а може да потърси информация чрез ключови думи и след като я открие, директно да отвори документа, вместо да си го изпраща по пощата. Други търсещи системи, като *Veronica* и *Jughead*, търсят в индексите на Gopher-сървърите.

В края на осемдесетте години американецът Брюстър Кейл, работещ като проектант на суперкомпютри във фирмата Thinking Machines, започ-

1 Демон (daemon) в операционната система UNIX е програма, работеща на заден фон — бел. авт.

ва разработката на система за поделяне на информация по мрежа, която нарича WAIS (Wide Area Information Servers). Вместо в отговор на заявка за търсене да предлага на потребителя сравнително суров материал, WAIS е проектирана така, че да подбира внимателно информацията, която подава и да отговаря на сложно формулирани заявки за търсене. В началото на 90-те години WAIS-сървърите стават популярни сред издателските къщи, големите фирми и държавни учреждения, които имат нужда и необходимите ресурси да индексират своите големи бази данни за ползване от системата, но не успява да спечелят сърцата на обикновените потребители.

фиг. 8
Тим Бърнърс-Лий

През 1991 год. в Интернет се появява една технология, която бързо изпраща в забвение услуги като Archie, Gopher и WAIS и без която в момента изобщо не можем да си представим мрежата — World Wide Web (WWW). Странното е, че тази технология, която само за няколко години ще увеличи потребителите на Интернет от няколко десетки хиляди до няколко стотин милиона, и за която някои считат че има за развитието на човечеството значение, не отстъпващо по важност на изобретения през XV век от Гутенберг начин за печатане с подвижни букви, се появява на бял свят не в разполагащите с огромни бюджети изследователски лаборатории на МТИ, Xerox, IBM или Microsoft, а в Европейския Център за Ядрени Изследвания[1] (ЕЦЯИ) в Женева.

През 1980 год. англичанинът Тим Бърнърс-Лий (род. 1955) (фиг. 8) е назначен за софтуерен консултант в ЕЦЯИ. За да систематизира връзките между хората и проектите, с които се запознава в лабораторията, той написва една програма за лична употреба, която нарича Enquire. Тази програма според него служи за „заместител на паметта“ и е базирана на предложените от Ваневар Буш и реализирани от Тед Нелсън и Дъглас Енджълбарт хипервръзки. След изтичането на договора му Бърнърс-Лий напуска ЕЦЯИ, но се завръща пак вече на постоянен договор през 1984 год. Малко по-късно той развива идеята на програмата Enquire, като решава да обедини в една система свързаните чрез хипервръзки документи и Интернет.

През 1989 год. Бърнърс-Лий изпраща предложение до ръководството на ЕЦЯИ за разработване на информационна система, която ще създаде мрежа (web) от свързани помежду си документи. Ръководството не проявява особен интерес, но Бърнърс-Лий продължава да работи по идеята си, заедно с няколко свои колеги, главна роля между които играе белги-

1 ЕЦЯИ (Centre European pour la Recherche Nucleaire) — най-голямата в света мвждународна научно-изследователска органиязация със седалище в Женева, Швейцария — бел. авт.

еца Робер Гайо. През 1990 год. групата създава HTTP (Hypertext Transfer Protocol) — език за описание на хипертекстовите документи и проектира схема за осигуряване на уникален адрес на всеки документ в мрежата, който нарича URI[1] (Uniform Resource Identifier). През същата година написва и първата клиентска програма за изтегляне и преглеждане на хипертекстови документи WWW (браузър), наречена WorldWideWeb за компютър NeXT, както и първия web-сървър, пуснат в действие през ноември 1990 год. — nxoc.cern.ch. След като не успява да заинтересува ръководството на ЕЦЯИ, през 1991 год. Бърнърс-Лий разполага WWW-браузъра и сървъра в Интернет и публикува съобщения в няколко USENET-групи за своя софтуер, с което привлича интереса на множество ентусиасти. Броя на инсталираните уебсървъри започва бързо да расте, като повечето от тях искат да бъдат свързани към сайта на ЕЦЯИ. Мечтата на Бърнърс-Лий за глобално информационно пространство започва да се сбъдва. Новата система се оказва много удобна като за учените, така и за държавните и обществени учреждения и организации. Милиарди документи, разположени на компютри в различни краища на света, използващи различен кардуер и софтуер, могат да бъдат свързани помежду си.

Тъй като браузърът WorldWideWeb е за компютър NeXT (с рядко срещаната операционна система NEXTSTEP), много скоро различни програмисти създават браузъри за по-често срещаните операционни системи. Няколко финландски студенти от Хелзинкския университет написват браузър за компютри, работещи с операционна система Unix, наречен Erwise. Робер Гайо написва Samba — браузър за Apple Macintosh компютри. През 1992 год. се появяват и браузъри за MS Windows, но браузърът, който популяризира WWW (NCSA Mosaic) идва на бял свят в началото на 1993 год. и е създаден от двама студенти от Илинойския Университет — Марк Андреесен и Ерик Бина. Първата версия е за Windows, но скоро се появява и такава за Macintosh.

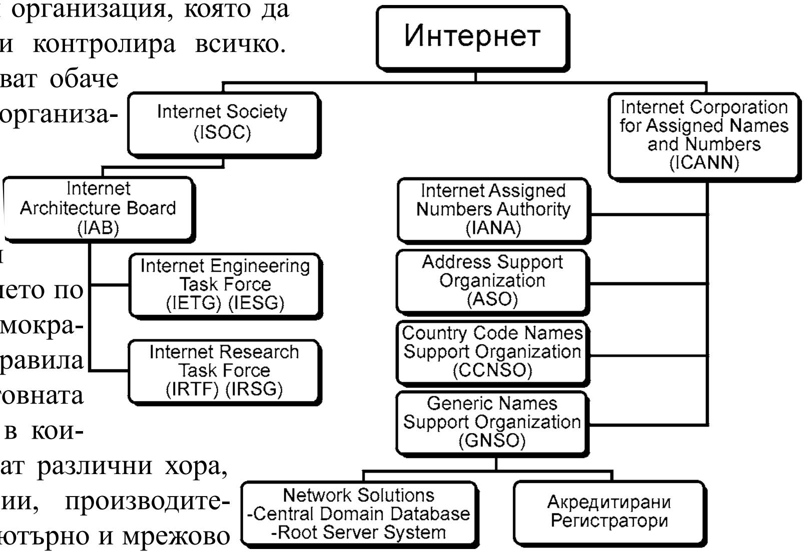
Скоро след създаването на WWW Бърнърс-Лий осъзнава, че трябва да има някаква организация, която да развива технологията, основно чрез разработката на нови протоколи. С подкрепата на МТИ през 1994 год. е създадена организацията World Wide Web Consortium (т. нар. W3C). Бърнърс-Лий е избран за директор на организацията, а едно от първите неща, които прави той след преместването си в Масачузетс е да премести първия в света web-сървър от info.cern.ch, към http://www.w3.org/.

Кой управлява Интернет? Никой, ако под управление се има предвид

---

1 Наречен по-късно URL (Uniform Resource Locator). Това е глобалния адрес на всеки един ресурс в WWW. Например URL-ът ftp://ftp.ibm.bg/stuff.exe означава, че файлът stuff.exe може да бъде изтеглен от сървъра ftp.ibm.bg чрез протокола ftp — бел. авт.

човек или организация, която да нарежда и контролира всичко. Съществуват обаче няколко организации, които участват в развитието и управлението по твърде демократични правила на световната мрежа, и в които членуват различни хора, организации, производители на комютърно и мрежово оборудване, учени от университети и изследователски центрове и др. На фиг. 8 е показана схема на тези организации с връзките помежду им.



фиг. 8
Кой управлява Интернет?

Internet Society (ISOC) е неправителствена организация, която изпълнява функциите на координатор за разработката на Интернет-технологии и център за събиране на всякаква информация, свързана с развитието на мрежата. Тя осигурява и законова подкрепа за организациите IAB (Internet Architecture Board) и IETF (Internet Engineering Task Force).

IAB контролира развитието на архитектурата, протоколите и стандартите в мрежата, публикува RFC-документите, избира членове на IESG (Internet Engineering Steering Group) и IETF, администрира IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

IETF отговаря за развитието на Интернет-технологиите, протоколите и стандартите.

Internet Research Task Force (IRTF) се занимава с изследвания за бъдещото развитие на Интернет.

ICANN (Internet Corporation For Assigned Names And Numbers), както и стоящите под нея в йерархията организации като IANA управлява DNS-системата, както и разпределението на IP адресите. Както виждате, на най-долното ниво са акредитираните регистратори, които представляват фирми или организации, предоставящи имената в Интернет. За всяка област (domain) има един или повече такива регистратори, за областта BG това е варненската фирма Цифрови Системи.

фиг. 9
Как работи Google?

Първият *робот*[1] (програма, която автоматично претърсва хипертекстовата структура на WWW) е създаден през 1993 год. от студента в МТИ Метю Грей. Програмата е наречена World Wide Web Wanderer и първоначалното ѝ предназначение е да определя броя на сървърите в WWW, но по-късно започва да записва и URL-те, създавайки по този начин първата база данни от web-сайтове. По-късно се появяват търсачки с усъвършенствани механизми за търсене и организиране на информацията като EXCITE, Altavista, Yahoo и разбира се, вездесъщата Google.

В началото на 1996 год. двама студенти, учещи компютърни науки в Станфордския Университет (Лари Пейдж и Сергей Брин) решават да създадат нов тип „търсачка“ (наречена BackRub), която да обръща особено внимание на връзките между отделните сайтове, а не толкова на самото съдържание на сайтовете. Името google.com е регистрирано през септември 1997 год., а тъй като Лари и Сергей не разполагат с достатъчно средства, първият компютърен център е в стаята на Лари и се състои от няколко евтини компютъра, работещи паралелно. Малко по-късно двамата успяват да намерят инвеститор и основават фирмата Google Inc., която започва своята дейност (според добрата стара традиция[2]) в един гараж в Менло Парк, Калифорния.

Постепенно търсачката Google си спечелва голяма популярност сред потребителите на Интернет със своя прост, изчистен дизайн и уникални способности за търсене, а Пейдж и Брин стават милиардери.

Нека да видим как работи търсачката Google (фиг. 9). Google се състои от три основни части, всяка от които работи в разпределена мрежа от хи-

1 Освен роботи (robot), подобни програми биват наричани паяци (spiders) и пълзящи (crawlers)

2 По-някакво интересно стечение на обстоятелствата, именно в гаражи започват своята дейност не само Google, но и други известни компютърни компании като Hewlett Packard, DEC и др. — бел. авт.

ляди евтини компютри, обработватващи информацията паралелно. Първата част е Googlebot — web-робот, чиято задача е да открива и извлича web-страниците. Втората част е индексатора — програма, която създава индекс (указател) на думите, открити в посетени от робота страници. Третата част е процесорът на заявките, който сравнява заявката, въведена от потребителя с индекса на думите в гигантстката база данни.

Когато потребителят изпрати заявка към www.google.com (означена с 1 на схемата), тя се поема от web-сървъра, който от своя страна изпраща заявка за търсене (2) към индексните сървъри. След като бъде открито местоположението на документите, съдържащи търсените ключови думи, те се извличат от doc-сървърите (3) и отговорът се връща към браузъра на потребителя (4).

Когато през пролетта на 1994 год. тридесетгодишният компютърен инженер Джеф Безос прочита в една статия, че потребителите на Интернет се увеличават с 2300% на година, той решава да опита нов начин на търговия, като открие online магазин за продажба на стоки чрез web-сайт. Анализирайки стоките, които могат да се продават по този начин, той решава, че най-лесно е да се започне с книгите. Когато през лятото на следващата година сайтът amazon.com е открит, нещата потръгват неочаквано добре и само след няколко месеца се обработват по стотина поръчки на ден. Това обаче е само началото на един изключително успешен бизнес. Четири години по-късно стотина поръчки идват всяка минута, списание Тайм обявява Безос за „човек на годината", а скромният инженер, който взима назаем пари от родителите си за да открие своя сайт, вече е милиардер.

По същото време, когато Безос стартира своя бизнес, през септември 1995, 28-годишният софтуерен инженер Пиер Омидиар решава във свободното време да открие online-аукцион, наречен „Auction Web". Идеята на Омидиар е да взима малка такса за включване на дадена стока в сайта на аукциона, и допълнителна такса при успешна продажба на стоката. През 1997 год. името на фирмата е сменено на eBay, а всеки ден на сайта се провеждат около 800000 аукциона. През 2003 год. оборотът на eBay надвишава 2 милиарда долара, има десетки милиони регистрирани потребители, продават се 45000 вида различни стоки, а стойността на акциите на Омидиар като основен акционер е над три милиарда долара.

Успехът на хора като Безос и Омидиар довежда до небивал ентусиазъм не само хората, малко или много свързани с Интернет-технологиите, но и голяма част от инвеститорите. В годините до 2000 стартират десетки хиляди компании в този сектор, влагат се милиарди долари, чертаят се грандиозни бизнес-планове за бъдещето. И внезапно за някои (очаквано за други) през пролетта на 2000 год. т. нар. *dot-com* балон се спуква. Компаниите започват да отчитат големи загуби, стойността на акциите им пада, започват фалити и нещата постепенно си идват по местата. Става ясно, че никой бизнес, дори и свързан с нови технологии и Интернет не може да се развива против законите на икономиката, не може да поема неограничени инвестиции и да осигурява огромни печалби за всички. Оцелява само най-умния, най-бързия, разполагащият само с нещо ново, което да предложи на пазара.

През 1992 год. броят на хостовете в Интернет надвишава един милион. и продължава експлозивно да расте, за да достигне до 150 милиона през 2005 год. Никой не може да каже колко са те в момента (2006 год.), вероятно наближават милиард, според някои оценки поне 3 милиарда души използват малко или много Интернет.

Какво е бъдещето на Интернет? Ето какво каза още през 1999 год. шефът на Cisco Systems[1] Джон Чембърс на една конференция: „Всичко ще бъде свързано към мрежата, буквално всичко… Не само електронните устройства, но и всичко останало, включително и пианото ви. Ще имаме поне 4-5 Интернет устройства в телата си.“ След това демонстрира пред аудиторията няколко web-управляеми устройства като камина, щори за прозорци и даже пиано. Ентусиазмът на фирмите-производителки малко поохладня след спукването на dotcom-балона през 2001 год., но в последните години на пазара все по-често се появяват най-различни уреди с възможност за връзка към Интернет.

Бъдещето на Интернет-връзките е в безжичните комуникации, които предоставят на потребителите две изключително важни предимства: не е необходимо изграждане на физическа инфрастуктура за включване към мрежата (ако е налице базова станция, на която да сме в обхвата, трябва ни само безжично устройство за връзка) и мобилност (можем да се преместваме без ограничение).

Твърде перспективна област е т. нар. мрежови изчисления (grid computing). С помощта на специално разработен софтуер неограничен брой компютри могат да работят съвместно по даден научен проект. Програмите, които доброволно се изтеглят и инсталират от желаещите използват моментите, когато процесорът на компютъра е ненатоварен и правят някакви изчисления, които по-късно изпращат към сървъри. В момента в Интернет са обявени доста такива проекти, най-популярният от които е CETI@home — проект, който обработва идващи от космоса сигнали в търсене на сигнали от извънземни.

Интернет рязко повишава информираността на хората, които го ползват. Теоретично по-добрата информация би трябвало да доведе до повишаване

1 Cisco Systems е една от най-известните в света фирми за мрежово оборудване — бел. авт.

на качеството на труда, до вземането на по-правилни решения. Това обаче не винаги е така. Огромното количество информация, която стоварва върху бедните ни глави мрежата понякога може да претовари човешкия мозък и да му отнеме възможността за реална оценка на обстоятелствата. Пълното потапяне във виртуалната реалност на мрежата може да бъде не по-малко опасна от прекаленото вживяване в компютърните игри.

* * *

Казват, че изобретателят на телефона Александър Бел бил много изненадан, когато открил, че хората използват неговото изобретение не толкова да вършат работа, колкото да си говорят празни приказки. Представям си каква би била изненадата на някои от пионерите на Интернет, ако внезапно открият, че една огромна част от трафика в световната мрежа се генерира именно от безсмислено говорене чрез IP-телефонни програми като Skype (защото за разлика от обикновените телефони е „почти“ безплатно), от сваляне на филми и музика, които едва ли някой ще гледа или слуша повече от веднъж, разходки по еротични, порно и други подобни сайтове, от милиарди нежелани от никого pop-up реклами, „спам“ писма и т. н. Намирането на търсената информация в тази огромна база данни става все по-трудна, почти всички съвременни вируси се разпространяват чрез Интернет, зачестяват случаите на измами с кредитни карти по мрежата.

Изключително уважавани хора като Боб Меткалф, Тим Бърнърс-Лий и др. неведнъж са изказвали своите опасения за посоката, в която се движи Интернет. Мрежата е място на свободата, в нея (почти) няма ограничения, няма граници, митници, полиция, затвори, закони дори, всеки може да прави (почти) каквото си иска, скрит зад анонимността. Нека си припомним близкото минало — капиталистическият Запад победи социалистическия Изток, не защото разполагаше първоначално с по-добра идеология или икономическа база, а защото предлагаше по-голяма свобода на своите граждани. Тази свобода направи западните държави икономически по-силни и т. нар. *социалистически лагер* се разпадна като кула от хартия.

Ако се опитаме да въведем някакви ограничения в Интернет, може би първоначално ще я направим по-сигурно място, но дали в по-далечен план това няма да я убие. Лично за мен Интернет винаги ще бъде едно от най-великите изобретения на човека, аз вярвам, че злините, които тя ни носи са многократно по-малко от добрините, с които ни дарява. Хората не стават зли, защото съществува Интернет, а въпреки това.

Съдържание