

Лекція 6

Зі світової історії цифрової обчислювальної техніки

Нині інформатика та її практичні результати є важливим рушієм науково-технічного прогресу й розвитку людства. XXI століття, якого всі так чекали і яке настало, стане епохою максимального використання досягнень інформатики в економіці, політиці, науці, освіті, медицині, побуті, військовій справі та ін.

Історія створення засобів цифрової обчислювальної техніки сягає глибини віків. У щоденниках геніального італійця Леонардо да Вінчі (1452—1519) уже в наші часи були знайдені малюнки, які виявилися ескізним начерком сумуючої обчислювальної машини на зубчастих колесах, здатної додавати 13-розрядні десяткові числа. Спеціалісти фірми IBM відтворили цю машину в металі, і вона виявилася працездатною. Механічну сумуючу машину да Вінчі можна вважати початком в історії обчислювальної техніки, зародком майбутніх електронних суматорів - найважливішого елемента сучасних ЕОМ. Свого часу геніальний учений був, мабуть, єдиною людиною у світі, яка розуміла значення створення засобів, які б полегшили працю під час проведення обчислень.

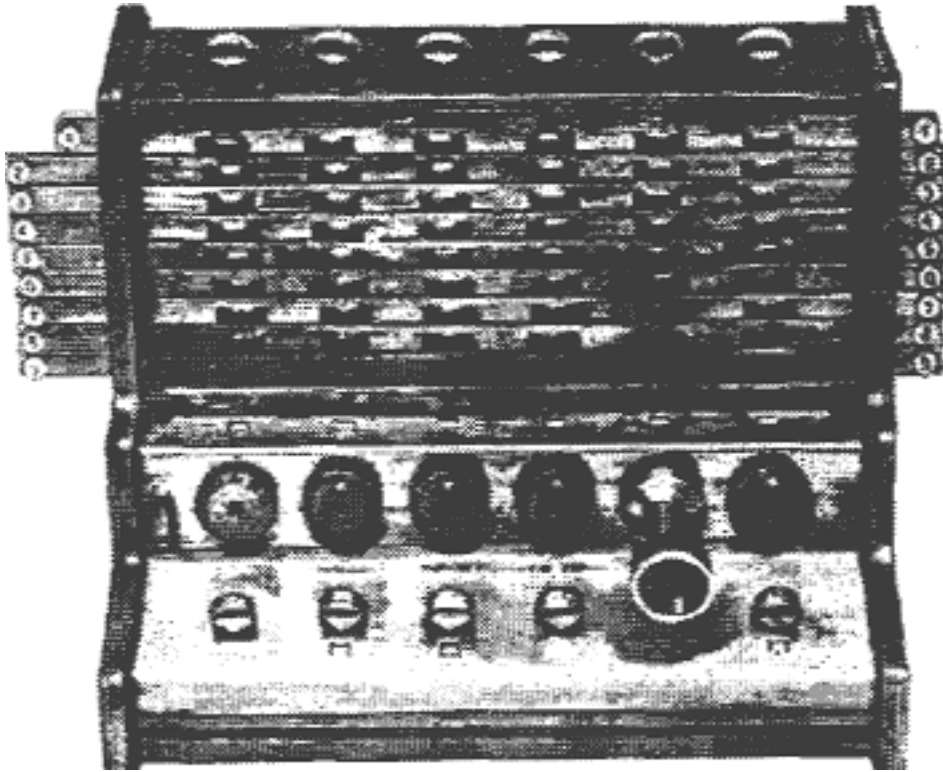
У ті часи такої потреби ще не було. Пройшло більше ста років після смерті Леонардо да Вінчі, як німецький учений Вільгельм Шіккард (1592-1636) запропонував свій варіант лічильної машини для сумування і множення 6-розрядних десяткових чисел. Причиною, яка спонукала його до цього, було ознайомлення з працями відомого астронома І. Кеплера, які були пов'язані з обчисленнями. У листі Кеплеру, датованому 1623 р., Шіккард наводить малюнок машини і описує її будову. На жаль, даних про подальшу долю цієї машини історія



не зберегла.

Вільгельм Шіккард

Про винаходи Леонардо да Вінчі та Вільгельма Шіккарда стало відомо лише в наші дні. Сучасникам вони були невідомі.



Машина Шіккарда



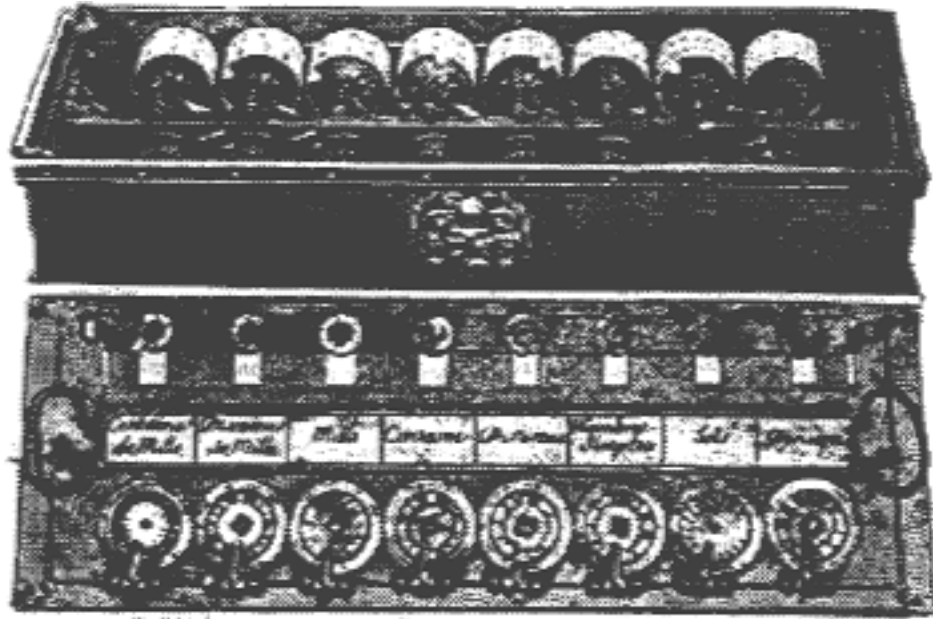
Блез Паскаль

У XVII ст. стан справ змінюється. У 1641-1642 рр. дев'ятнадцятирічний Блез Паскаль (1623-1662) створив діючу сумуючу машину ("паскаліну"), яку він створив з метою полегшення праці своєму батькові під час обрахунку податків. Наступні чотири роки ним були створені зразки більш досконалих машин.

Вони були 6- і 8-розрядними, будувались на основі зубчастих коліс і могли виконувати

додавання і віднімання десяткових чисел. Було створено більше 50 зразків машин. Б. Паскаль мав королівську привілею на їх виробництво, але практичного використання "паскаліни" не набули, хоча

про них багато говорилось і писалось (в основному, у Франції).

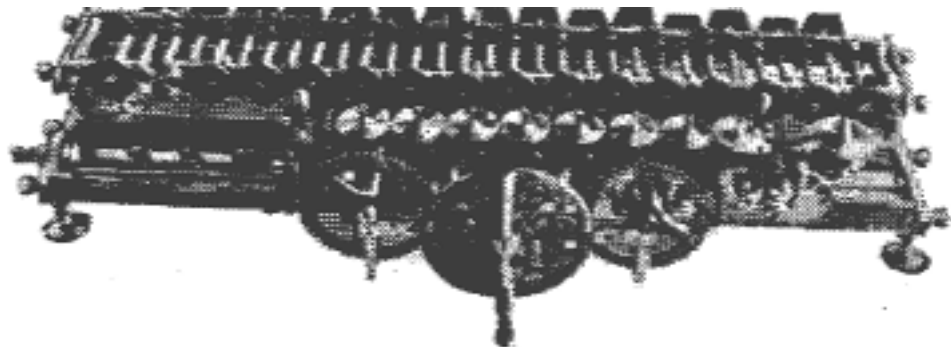


Машина Паскаля



У 1673 р. німецький учений Вільгельм Готфрід Лейбніць(1646-1716) створює лічильну машину для додавання і множення 12-розрядних десяткових чисел. До зубчастих коліс він додав ступінчастий валик, який дозволяв робити множення і ділення. Про машину Лейбніця знали у більшості країн Європи. Свою машину він назвав "арифметичним приладом", який став прообразом основного пристрою

Вільгельм Лейбніць сучасного комп'ютера— арифметично-логічного пристрою. Крім того він усе життя від студентства до старості займався дослідженням властивостей двійкової системи числення.



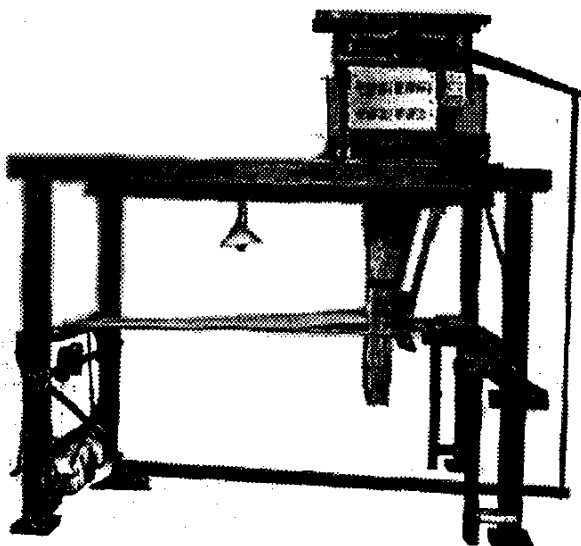
Машина Лейбніця

У 1799 р. у Франції Жозеф Марі Жакар (1752-1834) винайшов ткацький верстат, у якому для задання узору використовувалися перфокарти. Необхідні для цього початкові дані записувалися у вигляді пробивок у відповідних місцях перфокарт. Так з'явився перший примітивний пристрій для за-пам'ятовування і введення програмної інформації.



Жозеф Марі Жакар

Там же у 1795 р. математик Гаспар Проні (1755-1839), якому французький уряд доручив виконання робіт, пов'язаних із переходом до метричної системи мір, уперше у світі розробив технологічну схему обчислень, яка передбачала розподіл праці математиків на три складові. Перша група з кількох висококваліфікованих математиків зводила розв'язання задачі числовими методами до чотирьох арифметичних дій. До функцій другої групи (більш розширеної) входило задання послідовності арифметичних дій ("програмування") і початкових даних. Для виконання складеної "програми" залучалась третя багато-чисельна група математиків менш високої кваліфікації. Такий розподіл праці значно полегшив роботу, але головне—дав імпульс подальшому процесу автоматизації обчислень—переходу до створення цифрових обчислювальних пристроїв із програмним управлінням послідовністю арифметичних операцій.



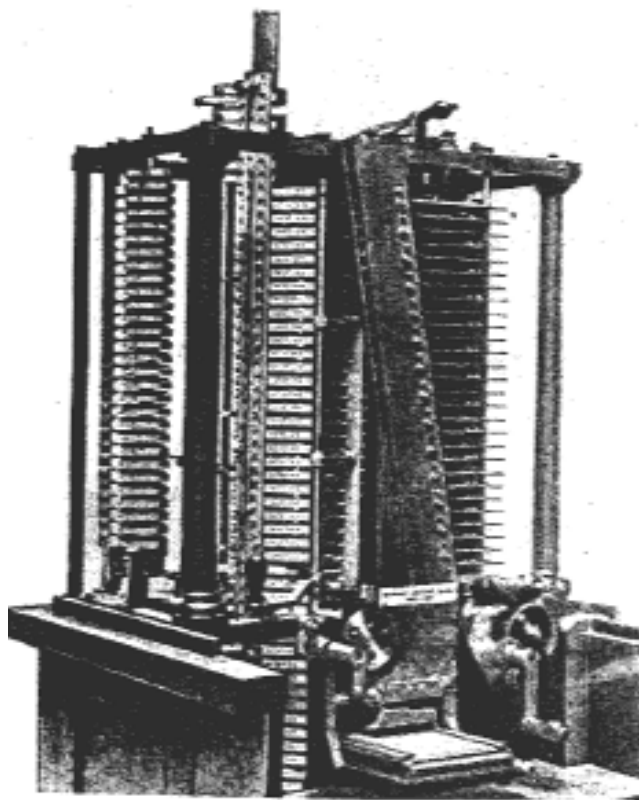
Ткацький верстак Жакара

Цей завершальний крок у еволюції цифрових автоматичних пристроїв (механічного типу) зробив англійський учений Чарльз Беббідж (1791-1871), чудовий математик, який досконало володів числовими методами обчислень і вже мав досвід у створенні технічних засобів (різницева машина Беббіджа для табулювання поліномів, 1812-1822 рр.).



Чарльз Беббідж

Він відразу побачив користь у технології обчислень, запропонованої Г. Проні, можливість подальшого розвитку своїх робіт. Аналітична машина Беббіджа, проект якої він розробив у 1836-1848 рр. була механічним прототипом перших ЕОМ. У ній мали бути п'ять основних пристроїв: арифметичний, пам'яті, управління, введення і виведення. Для арифметичного пристрою Ч. Беббідж використовував зубчасті колеса, на



Аналітична машина Беббіджа

іджа він мав намір побудувати пристрій пам'яті з тисячі 50-розрядних регістрів (по 50 коліс у кожному). Програма проведення обчислень записувалася за допомогою пробивок на перфокартах, на яких записувалися початкові дані та результати обчислень. Крім чотирьох арифметичних операцій були введені операції умовного переходу та з кодами команд. Автоматичне виконання команд забезпечувалось пристроєм управління. Час додавання двох 50-розрядних чисел складав, за розрахунком ученого, 1 сек, множення—1 хв.

Програми обчислень для машини Беббіджа, складені дочкою Дж. Г. Байрона Адою Лавлейс (1815-1852), дуже схожі з програмами, складеними згодом для перших ЕОМ.



Ада Августа Лавлейс

Механічний принцип побудови пристроїв, використання десяткової системи числення, яка утруднювала створення простої елементної бази, не дозволили повністю реалізувати задуми Ч. Беббіджа, а обмежитися лише проектами. Якби вона була втілена в життя, то розмірами була б з величезний локомотив, а для приведення її в дію потрібен був би паровий двигун.

Не дивлячись на всі зусилля Ч. Беббіджа і Ади Лавлейс, побудувати машину не вдалося. Сучасники, не бачачи конкретного результату, розчарувалися в роботах ученого. Він випередив свій час. Після смерті Ч. Беббіджа Комітет Британської наукової асоціації, розглядаючи питання про долю не-закінченої аналітичної машини, відзначали, що успішна її реалізація буде означати епоху в історії обчислень.

Розроблена сучасником Ч. Беббіджа Джорджем Булем (1815-1864) алгебра логіки знайшла застосування лише у ХХ ст., коли знадобився апарат для проектування ЕОМ, що використовують двійкову систему числення. "Поєднав" математичну логіку з двійковою системою числення та електричними колами американський учений Клод Шенон у своїй дисертації (1936р.).



Клод Шенон



Конрад Цузе Z1(що означало Цузе 1) була готова і запрацювала.

Ця машина також була чисто механічною, але двійкова система числення зробила чудо—машина займала всього два квадратних метри. Довжина слів складала 22 двійкових розряди (для мантиси зі знаком—15, порядку—7 розрядів). Виконання операцій відбувалося із застосуванням плаваючої коми, пам'ять містила 64 слова, числа і програма вводилися вручну. Через рік у машині (Z2) з'явився пристрій для введення даних і програми за допомогою кінострічки, на яку перфоровувалась інформація, а механічний арифметичний пристрій замінений був на пристрій послідовної

дії на телефонних реле, в останньому К. Цузе допоміг австрійський інженер у галузі електроніки Т. Шрайєр. У 1941 р. К. Цузе з його допомогою створив релейну обчислювальну машину з програмним управлінням (Z3), яка містила 2000 реле і мала основні характеристики Z1 і Z2. Машина Z3 успішно експлуатувалася.

Ще в 1938 р. Шрайєр запропонував К. Цузе замість телефонних реле застосувати електронні лампи. Тоді Цузе відмовився від цієї ідеї, але в роки війни він повернувся до можливості лампового варіанту машини. Друзі запропонували використати нову машину для розшифровування радіограм союзників. Але їхня ідея не була підтримана, і, можливо, Німеччина втратила шанс бути першою у створенні ЕОМ.

Згодом К. Цузе організував невелику фірму, і її зусиллями були створені дві спеціалізовані релейні машини S1 і S2. Перша—для розрахунку крил "літаючих торпед"—літаків-снарядів, якими обстрілювали Лондон, друга—для управління ними. Вона була першою у світі управляючою обчислювальною машиною. До кінця війни К. Цузе створив ще одну релейну обчислювальну машину Z4, якій одній судилося бути збереженою, оскільки решта була знищена під час бомбардувань Берліна.

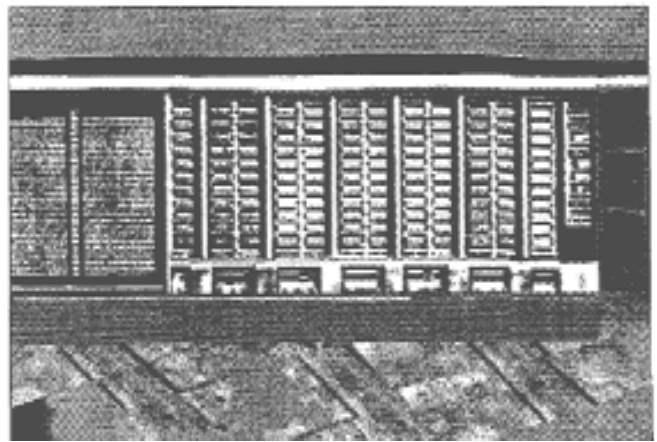
Слід зазначити, що досягнення К. Цузе (перша релейна обчислювальна машина, вперше застосована двійкова система числення, перша машина з програмним управлінням) не були відомими, крім Німеччини, у всьому світі через секретність проведених робіт. Про них дізналися через кілька років після війни.

По іншому розвивалися події у США. У 1944 р. учений Гарвардського університету Говард Айкен (1900-1973) створює першу в США релейно-механічну машину MARK-1. За своїми характеристиками (продуктивність, обсяг пам'яті) вона була близькою до Z3, але за розмірами значно більшою (17х2,5 м), вагою 5 т і мала 500 тис. механічних деталей, та ще й базувалася на десятковій системі числення. У лічильниках та регістрах пам'яті використовувалися зубчасті колеса, а управління і зв'язок між ними

здійснювався за допомогою реле, кількість яких перевищувала 3000. Машина конструктивно була схожою з машиною Ч. Беббіджа. Чудовою її якістю була надійність—у Гарвардському університеті вона пропрацювала 16 років.



Говард Айкен



Релейно-механічна машина MARK-1

Слідом за першою своєю машиною Г. Айкен створює ще три (MARK-2, MARK-3, MARK-4) і також з використанням реле, а не електронних ламп, пояснюючи це ненадійністю останніх. Про розробку машин серії MARK дізнався весь світ.

Зауважимо, що роботи зі створення MARK-1 проводились на виробничих підприємствах фірми IBM. Після перевезення машини в університет імені тодішнього її директора Томаса Уотсона не згадувалося серед імен творців. У відповідь на це під його керівництвом був створений електронно-релейний монстр (23 тис. реле і 13 тис. електронних ламп), проте він виявився непрацездатним. На цьому гіганті завершилася епоха електро-механічних цифрових обчислювальних машин.

Про Г. Айкена слід зазначити, що він першим у світі почав читати лекції з нового предмета—науки про комп'ютери, і одним із перших запропонував використати комп'ютери в ділових розрахунках і бізнесі.

Надходив час, коли обсяг розрахункових робіт у розвинутих країнах почав швидко зростати, особливо у військовій техніці.

У 1941 р. співробітники лабораторії балістичних досліджень Абердинського артилерійського полігону звернулися до технічної школи

при Пенсільванському університеті за допомогою у складанні таблиць стрільби для артилерійських гармат, розраховуючи на наявний в університеті диференціальний аналізатор Буша. Проте фізик цієї школи Джон Мочлі (1907-1986) запропонував військовому відомству створити потужний комп'ютер на електронних лампах. Пропозиція не була б прийнятою, якби не співробітники лабораторії, які добилися, щоб у 1943 р. була укладена угода з Пенсільванським університетом на створення обчислювальної машини, названої електронним цифровим інтегратором і комп'ютером (ЕНІАК). Керівниками роботи були Дж. Мочлі й талановитий інженер-електронщик Дж. Преспер Еккерт (1919-1995). Напружена робота тривала до 1945 р. і завершилася успішною роботою машини. Правда, за розмірами вона була ще більшою МАРК-1, довжиною 26 м, шириною 6 м і вагою 35 т, але могла виконувати операції в 1000 разів швидше за



Дж. Преспер Еккерт й Джон Мочлі

свою попередницю. В ЕНІАК використовувалася десяткова система числення, розрядність—10 десяткових розрядів, обсяг електронної пам'яті—20 слів; уведення програми було з кодуваного поля, що викликало незручності: зміна програми проводилася кілька годин, а то й днів.



ЕОМ “ЕНІАК”

У 1945 р. творці ЕНІАК розпочали розробку нового цифрового комп'ютера ЕДВАК, у якому мали розміщувати програму в оперативній пам'яті. У цей час до них приєднався в якості консультанта один із розробників проекту атомної бомби Джон фон Нейман (1903-1957), який після завершення робіт написав звіт про їх виконання. Згодом у 1946 р. Нейманом, Голдстайном і Берксом був складений ще один звіт, який містив розгорнутий і детальний опис принципів побудови електронно-обчислювальних машин.



Дж. Нейман

Викладені у звіті принципи зводилися до наступного.

1. Машини на електронних елементах повинні працювати не в десятковій, а двійковій системі числення.

2. Програма повинна розміщуватися в одному з блоків машини—у запам'ятовуючому пристрої, що володіє достатнім обсягом і відповідними швидкостями вибірки і запису команд програми.

3. Програма, як і числа, записується у двійковому коді, тобто числа і команди однотипні. Звідси випливає:

- проміжні результати обчислень, константи та інші числа можуть розміщуватися в тому ж запам'ятовуючому пристрої, що й програма;

•числова форма запису програми дозволяє машині виконувати операції над величинами, якими закодовані команди програми.

4.Труднощі фізичної реалізації запам'ятовуючого пристрою, швидкодія якого відповідає швидкості роботи логічних схем, вимагає ієрархічної організації пам'яті.

5.Арифметичний пристрій машини конструюється на основі схем, що виконують операцію додавання, і створення спеціальних пристроїв для виконання інших операцій недоцільно.

6.У машині використовується паралельний принцип організації обчислювального процесу(операції над словами виконуються одночасно в усіх розрядах).

Ці принципи були висловлені не вперше, проте Дж. Нейман разом з колегами узагальнили досвід побудови цифрових обчислювальних машин і перейшли від теоретичних основ (машина Тьюрінга) до практики побудови реальних ЕОМ. Згодом ці принципи і структура ЕОМ стали називатися нейманівськими.

Під керівництвом Дж. Неймана в Прінстонському інституті перспективних досліджень у 1952 р. була створена ще одна машина на електронних лампах МАНІАК (для розрахунків зі створення водневої бомби), а в 1954 р. ще одна, уже без участі Дж. Неймана, яку в його честь назвали "Джонніак".

Дж. Мочлі і Дж. П. Еккерт, засмутившись з приводу того, що їхні імена не були названі у звіті Неймана, вирішили взяти патенти на ЕНІАК. Проте їм було відмовлено, їхні суперники відшукали, що ще в 1938-1941 рр. професор сільськогосподарського училища штату Айова Джон Атанасов (1903-1996), разом зі своїм помічником Кліфордом Бері розробили проект обчислювальної машини з використанням двійкової системи числення, на електронних лампах і мав пам'ять на конденсаторах. Таким чином, піонером лампової техніки виявився Дж. Атанасов. А

відносно зберігання програми в оперативній пам'яті, то виявилось, що ще в 1936 р. Алан Тьюрінг (1912-1953) висловив припущення про це.

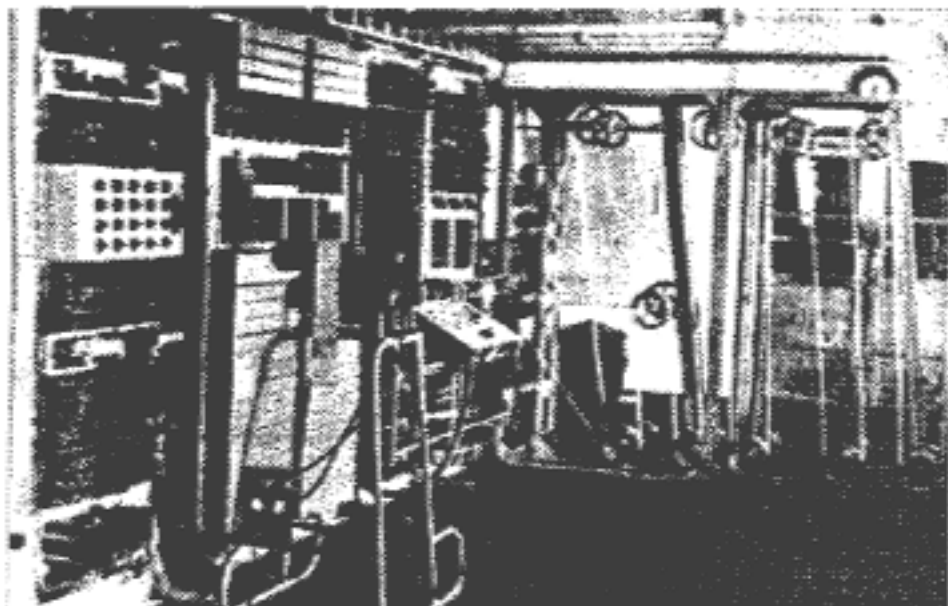
Докладаючи, що найважливіша риса алгоритму—це можливість механічного характеру його виконання, А. Тьюрінг запропонував для дослідження алгоритмів абстрактну машину, яку назвали "машиною Тьюрінга". У ній він передбачив основні властивості сучасного комп'ютера. Дані мали вводитися в машину з паперової стрічки, розділеної на клітки-комірки. Кожна з них містила символ або була пустою. Машина могла



А.Тьюрінг

опрацьовувати не лише записані на стрічці символи, але й змінювати їх, стираючи старі й записуючи нові у відповідності з інструкціями, які зберігаються в її внутрішній пам'яті. Для цього вона доповнювалася логічним блоком, що містив функціональну таблицю, яка визначала послідовність дій машини, тобто А. Тьюрінг передбачив наявність запам'ятовуючого пристрою для збереження програми.

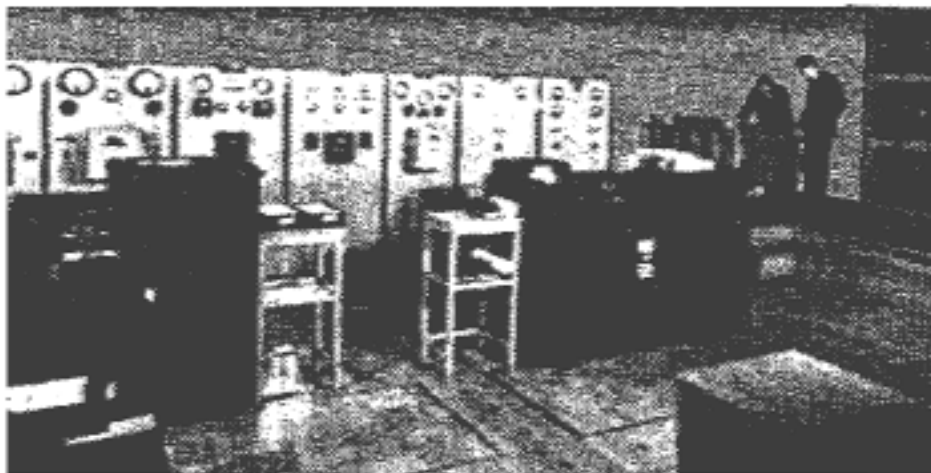
У 1942-1943 рр. в Англії під його керівництвом секретно була побудована й успішно експлуатувалася перша у світі спеціалізована машина "Колосс" на електронних лампах (2000 шт.) для розшифровування радіограм німецьких радіостанцій.



Спеціалізована машина “Колосс”

Проте у практичному плані Дж. Мочлі і П. Еккерт дійсно виявилися першими, хто, зрозумівши доцільність зберігання програми в оперативній пам'яті машини (незалежно від А. Тьюрінга), заклали це в реальну машину— свою другу машину ЕДВАК. На жаль, її розробка затрималася і вона була введена в експлуатацію лише в 1951 р.

На цей час у Англії вже два роки працювала ЕОМ зі збереженням програми в оперативній пам'яті. А справа виявилася в тому, що в 1946 р. в Пенсільванському університеті Дж. Мочлі прочитав курс лекцій з принципів будови ЕОМ. Серед слухачів був талановитий молодий англійський учений Моріс Уілкс (нар. 1905 р.), який, повернувшись на батьківщину, зміг швидко створити ЕОМ ЕДСАК (1949 р.) послідовної дії з пам'яттю на ртутних трубках з використанням двійкової системи числення і збереженням програми в оперативній пам'яті. У 1951 р. він запропонував мікропрограмне управління пам'яттю. ЕДСАК став прототипом першої у світі серійної комерційної ЕОМ ЛЕО (1953 р.).



ЕОМ “ЛЕО”

У 1996 р. за ініціативою Пенсільванського університету багато країн світу відзначили 50-річчя інформатики, пов'язавши його зі створенням ЕНІАК.

У другій половині ХХ ст. розвиток технічних засобів пішов значно швидше. Ще швидше розвивалася сфера програмного забезпечення, нових

методів числових обчислень, теорія штучного інтелекту.