Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Дмитрій Вербівський
Вікторія Алексеєнко
Тетяна Ярмоленко

Історія розвитку комп'ютерних наук

Курс лекцій

Житомир 2023

УДК 004:001.895(075.8)
В 31

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 2 від 27 січня 2023 р.)

Рецензенти:

ПОПЛАВСЬКА Світлана – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри природничих і соціально-гуманітарних дисциплін, проректор з навчальної роботи Житомирського медичного інституту Житомирської обласної ради.

ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ Павло – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій і моделювання систем Поліського національного університету.

УСАТА Олена – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Житомирського державного університету імені Івана Франка.

В 31 **Історія розвитку комп'ютерних наук:** курс лекцій / уклад.: Дмитрій Вербівський, Вікторія Алексеєнко, Тетяна Ярмоленко. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2023. 73 с.

Курс лекцій передбачає формування у студентів першого курсу знань про витоки сучасних технологій з метою об'єктивного розуміння сучасного стану інформатики та обчислювальної техніки. Пропонований лекційний курс присвячений викладу методологічних засад та загальних питань інформатики та обчислювальної техніки.

Курс лекцій призначений для студентів освітньо-професійної програми «Сучасні інформаційні технології та програмування».

УДК 004:001.895(075.8)

© Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 4

РОЗДІЛ 1. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ 5
§1.1. Філософія науки 6
§1.2. Концепції зростання наукового знання 11
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 1 15

ГЛАВА 2. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАТИКИ В ДОЕЛЕКТРОННУ ЕПОХУ 18
§2.1. Виникнення рахунку 18
§2.2. Виникнення систем числення 24
§2.3. Виникнення сучасної десяткової системи числення 31
§2.5. Засоби автоматизації рахунку в ранній Новий час 36
§2.6. Арифметичні машини 38
§2.7. XIX століття. Провісники цифрової обчислювальної техніки 41
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 2 46

РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК ОБЧИСЛЮВАЛЬВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВІД СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН ДО УНІВЕРСАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ 49
§3.1. Основні обчислювальні завдання початку XX ст. 49
§3.2. Аналогові обчислювальні машини 39
§3.3. Теоретичні основи електронних обчислювальних машин 57
§3.4. Електромеханічні обчислювальні машини 60
§3.5. Електронні обчислювальні машини 64
Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 3 71

ВСТУП

Потреба у зберіганні, перетворення і передачі інформації у людини з'явилася значно раніше, ніж був створений телеграфний апарат, перша телефонна станція і електронна обчислювальна машина (ЕОМ). Фактично весь досвід, всі знання, накопичені людством, так чи інакше, сприяли появі обчислювальної техніки. Історія створення ЕОМ – загальна назва електронних машин для виконання обчислень – починається далеко в минулому і пов'язана з розвитком практично всіх сторін життя і діяльності людини. Скільки існує людська цивілізація, стільки часу використовується певна автоматизація обчислень.

Інформатика і обчислювальна техніка – дисципліни, що швидко розвиваються. Вони виглядають молодими, оскільки їхня сучасна історія починається з середини XX століття, але історичне коріння цих дисциплін сягає глибини тисячоліть. Не всі ідеї минулого знайшли застосування в сучасності, майже всі вони застаріли, а більша їх кількість не отримала подальшого розвитку. Але, по-перше, без їх появи такий довгий шлях розвитку ніколи не було б пройдено. І, по-друге, будь-яка сучасна техніка знаходиться під впливом традицій та ідей минулого, які міцно сидять у свідомості розробників та користувачів. Для об'єктивного розуміння сучасного стану інформатики та обчислювальної техніки важливо чітко уявляти витоки сучасних технологій, чому і присвячений даний курс лекційного матеріалу.

Пропонований лекційний курс присвячений викладу історичних витоків та методологічних засад інформатики та обчислювальної техніки. В якості вступної теми розглядається методологія наукового пізнання, оскільки весь подальший виклад присвячено, по суті, історії наукового пізнання у конкретних науках. Загальні питання обчислювальної техніки та інформатики, поділені на «доелектронну» та «електронну» епохи, які охоплюють період від палеоліту до найближчого майбутнього, розглядаються у хронологічному порядку у двох великих розділах.

РОЗДІЛ 1. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Терміни та визначення.

Історія – процес розвитку (від грец. ιστορία – розповідь про минуле).

Методологія – вчення про найбільш загальні принципи, положення та методи, що становлять основу тієї чи іншої науки.

Наука – форма діяльності людей, спрямована на виробництво знань про природу, суспільство і про пізнання, що має безпосередньою метою розуміння істини та відкриття об'єктивних законів на основі узагальнення реальних фактів у їх взаємозв'язку, для того щоб передбачати тенденції розвитку дійсності та сприяти її зміні.

Знання – Об'єктивна реальність, дана у свідомості людини, яка у своїй діяльності відображає, ідеально відтворює об'єктивні закономірні зв'язки реального світу.

Пізнання – процес набуття та розвитку знання, його постійне поглиблення, розширення, вдосконалення та відтворення.

Обчислювальна техніка – сфера техніки, що поєднує засоби автоматизації математичних обчислень та обробки інформації, а також наука про принципи побудови, дії та проектування цих засобів.

Інформатика – галузь науки (або галузь виробництва, або прикладна дисципліна), що вивчає структуру та загальні властивості інформації, а також питання, пов'язані з її збиранням, зберіганням, пошуком, переробкою, перетворенням, поширенням та використанням у різних сферах діяльності.

"Західним" аналогом інформатики та обчислювальної техніки є дисципліна "комп'ютерні науки" (computer science), що охоплює широке коло питань від теоретичних досліджень алгоритмів до практичного впровадження апаратних та програмних продуктів.

Тема 1.1. Філософія науки

Мета: сформувати систематизовані основи знання з методології комп’ютерних наук та методології науки загалом.

План:

1. Філософські категорії.
2. Наукове пізнання та повсякденно-практичне знання.
3. Види позанаукового знання.
4. Філософія та наука.
5. Методологічні філософські передумови науки.
6. Види мислення.
7. Закони розвитку Гегеля.

Перш ніж розпочати розгляд часткових питань методології інформатики та обчислювальної техніки, розглянемо методологію науки загалом. Методологія науки, у традиційному розумінні, – це вчення про методи та процедури наукової діяльності. Завданням методології є осмислення формалізованого апарату конкретних наук, вивчення теоретичних основ науки та конкуруючих моделей зростання наукового знання. Спочатку проблеми методології розроблялися в рамках філософії, і донині пов'язані з нею в рамках розділу загальної теорії пізнання (гносеології), особливо теорії наукового пізнання та філософії науки.

Філософія науки як дисципліна виникла у відповідь на потребу осмислити соціокультурні функції науки в умовах науково-технічної революції. Предметом філософії науки є загальні закономірності наукового пізнання як особливої діяльності з виробництва наукових знань, взятих у їхньому історичному розвитку та в соціокультурному контексті.

Сучасна філософія науки намагається зрозуміти місце науки в сучасній цивілізації в її різноманітних відносинах до етики, політики,

релігії. Закликає звертати увагу на філософський план будь-якої проблеми, на ставлення наукової думки до дійсності у всій її повноті. Але центральною проблемою філософії науки, як і раніше, є проблема зростання (розвитку) наукового знання.

Філософські категорії

Філософія оперує найбільш узагальненими поняттями, або категоріями, які дозволяють аналізувати світ з погляду його загальних та необхідних властивостей та якостей. Прикладами філософських категорій є: матерія, простір, час, кількість, якість, загальне та приватне, причина і наслідок, випадковість та закономірність, можливість та дійсність, сутність та явище, зміст та форма тощо.

Кожна наука має систему своїх категорій, і у кожній науці вони у взаємозв'язку. Наприклад, випадковість та закономірність мають причину. Без ліквідації причини випадковість перетворюється на закономірність, і якби існувала лише закономірність – все було б неминуче. Філософські категорії є найширшими і є методологічною основою наукового пізнання у всіх галузях людської діяльності.

Наукове пізнання та повсякденно-практичне знання

Процес отримання об'єктивного, істинного знання, спрямованого відображення реальних закономірностей називається науковим пізнанням. Завданнями наукового пізнання є опис, пояснення та передбачення процесів та явищ дійсності.

На ранніх етапах людської історії існувало повсякденно-практичне знання, яке доставляє елементарні відомості про природу та навколишнє середовище. Воно включає здоровий глузд, прикмети, покладання, рецепти, особистий досвід, традиції, використовується практично несвідомо і не вимагає попередньої системи доказів. Також існувало міфологічне пізнання, що представляє собою фантастичне відображення

реальності, що дозволяє фіксувати та передавати досвід поколінь.

Види позанаукового знання

Пізнання не обмежена сферою науки, знання також існує і її межами. Крім повсякденно-практичного виділимо такі форми позанаукового знання:

● паранаукове (від грец. para – близько, біля, при). Позначає різноманіття супутніх науці навчань, що існують за її межами, але пов'язаних з нею певною спільністю проблематики чи методології. Паранаукові вчення несумісні з наявним гносеологічним стандартом, описують реальні явища й можуть містити як істотно помилкові, і справжні положення. Це може бути як нові, які отримали підтвердження, і застарілі теорії, і навіть «окультні науки» (алхімія, астрологія, хіромантія, тлумачення сновидінь). Паранаукове знання сприяє діалогу суспільства з іншими соціокультурними системами [1.3].

● псевдонаукове (від грец. «псевдо», тобто "хибний"). Позначає діяльність, що претендує на наукову або імітує її, але не дотримується наукової методології. Відрізняється широким використанням помилкового та неперевіреного знання, а також вмілою «обробкою» фактів. Характеризується домислами та забобонами, малограмотним пафосом, нетерпимістю та претензійністю. Утопічне та свідоме спотворення уявлень про дійсність часто називають антинаукою. До позитивної сторони псевдонаукового знання можна віднести привернення уваги до спірних положень офіційної науки.

Філософія та наука

Наука існує як процес висування та спростування гіпотез, роль філософії при цьому полягає у дослідженні критеріїв науковості та раціональності. Разом про те, філософія осмислює наукові відкриття, включаючи в контекст сформованого знання і, цим, визначаючи їх

значення. Зазначимо основні відмінності філософії та науки в контексті історії та методології:

● наука зазвичай не ставить питання, як виникла її дисципліна, а філософія прагне з'ясувати вихідні передумови будь-якого знання;

● у філософії важливий як досягнутий результат, а й шлях до цього результату;

● наукові дисципліни можуть розвиватися, не враховуючи досвіду інших форм суспільної свідомості, а за філософією стоїть увесь досвід пізнання людства.

● наука не містить у собі критеріїв соціальної значущості своїх результатів, тоді як перша філософська теза – «все пов'язано з усім».

Методологічні філософські передумови науки

Теорема Геделя, що з'явилася в 1931 р., стверджує, що всяка досить сильна формальна логічна теорія містить такі твердження, які не можна ні довести, ні спростувати внутрішніми засобами цієї теорії. Твердження даної формальної теорії, яке може бути перевірено всередині неї, цілком може бути перевірено засобами більш потужної логічної теорії, проте це далеко не завжди можливо. Крім того, дуже легко припуститися помилки в логічному висновку, припущенні або експерименті. Тому для наукового мислення характерна повна відсутність впевненості у своїй непогрішності, прагнення критичної перевірки висновків будь-якої теорії. Натомість існують положення, які вчений приймає заздалегідь як методологічні філософські передумови своєї діяльності, або «догми», оскільки вони не доведені та приймаються на віру:

● об'єктивність існування світу та закономірностей, яким цей світ підпорядковується (логічно крайній суб'єктивізм незаперечний);

● «добувається» об'єктивна істина про світ (надійність об'єктивної істини визначається об'єктивними критеріями);

● світ визнається «логічним» (відомості можуть бути покладені в логічно стрункy систему).

Види мислення

У основі пізнання лежить мислення, чи сукупність розумових процесів. Оскільки багато в чому досягається результат залежить від суб'єкта, що пізнає світ, то важливим є і облік особливостей мислення суб'єкта (тобто людини). У філософії в описах мислення також виділяються парні категорії. Мислення може бути конкретним/абстрактним, гнучким/жорстким, певним чи невизначеним. Але більше прийнято виділяти три наступні типи мислення:

- наочно-образне – здатність нагадувати і здійснювати з допомогою уявлення різні маніпуляції у свідомості;
- абстрактно-логічне – мислення абстракціями, тобто. категоріями, яких немає у природі. Формується у віці 4-5 років. Вважається, що тварин немає абстрактного мислення;
- наочно-дійове – завдання вирішуються за допомогою існуючого реального об'єкта.

Закони розвитку Гегеля

У XIX столітті німецький філософ Гегель (1733-1799), досліджуючи закони свідомості, сформулював загальні закони розвитку духу, які згодом були поширені і на матеріальну дійсність. Закони першими вказали на принципово нелінійний характер розвитку складних систем та передбачили сучасні концепції зростання наукового знання. У радянській філософії закони розвитку викладалися так:

- "Боротьба двох протилежностей в одній єдності". Боротьба породжує зміну. Відповідає питанням «чому відбувається розвиток?».
- "Накопичення кількісних змін призводить до якісних змін". Відповідає питанням «як відбувається розвиток?».

● "Заперечення заперечення". Кожен наступний період заперечує попередній. У двох періодів (через період) ознаки повторюються. Відповідає питанням «у якому напрямі відбувається розвиток?».

Тема 1.2. Концепції зростання наукового знання

Мета: сформувати систематизовані знання про концепції зростання наукового знання.

План:

1. Концепції зростання наукового знання.
2. Концепція фальсифікації Поппера (1934).
3. Концепція наукових революцій Куна (1947).
4. Синергетика.

Концепції зростання наукового знання:

● Кумулятивна (монотонне накопичення знання);

● Песимістичні схеми (скептицизм та агностицизм);

● Пантеоретизм (постійна переінтерпретація результатів);

● Позитивізм (перевірена теорія незаперечна);

● Фальсифікація Поппера (знання завжди імовірно);

● Теорія наукових революцій Куна;

● Синергетика (знання розвивається за законами нелінійних систем).

Наукове знання постійно змінюється як за обсягом, а й у змісту: виявляються нові факти, народжуються нові гіпотези, змінюють старим теоріям приходять нові. У міру накопичення знання висувалися різні концепції, що описують його зростання. Хоча, заради справедливості, слід сказати і про існування песимістичних схем пізнання, які вважають створення таких концепцій безглуздим. Так, скептицизм закликає обмежити пізнання одними фактами, а агностицизм вважає будь-яке пізнання неможливим.

Кумулятивна – одна з перших моделей, що характеризує науку як поступове накопичення твердо встановлених та доведених істин. Наука

представлялася як свого роду склад абсолютних істин, зростання знань бачилося безперервним та монотонним.

Пантеоретизм гіпертрофовано розуміє роль теорії в науці та каже, що досить винахідливий учений завжди буде в змозі так перебудувати наукову теорію або таким чином переінтерпретувати результати експериментів, що суперечать їй, що останні виявляться її підтвердженням. Тому фундаментальні теорії принципово нефальшуються ні експериментальними даними, ні окремими ізольованими гіпотезами.

Позитивізм каже, що наукова теорія, що успішно подолала достатню кількість емпіричних перевірок, набуває високого ступеня підтвердження щодо своєї первісної сфери застосування та виявляється застрахованою від небезпеки подальшого спростування. Якщо ця теорія виявиться не в змозі передбачити якісь нові види явищ, то їх відкриття вимагатиме нових технічних засобів для її перевірки, які слід запровадити як додаткові правила відповідності. Це означає витіснення вихідної теорії тісно пов'язаної з нею вичерпнішою теорією. Такий науковий прогрес полягає у висуванні послідовності теорій, між якими має місце відношення редукції.

До середини XX століття філософія підійшла з переконанням, що найбільші наукові теорії – фікція, а наукове знання – результат угоди. Реальна наука вперто не поміщалася у рамки позитивізму чи пантеоретизму. Першу спробу переглянути традицію верифікації знання зробив Поппер

Концепція фальсифікації Поппера (1934)

Карл Поппер (1902-1994) задався питанням, що відрізняє наукові теорії (типу ейнштейнівської) від псевдонаукових доктрин, до яких він відносив праці Маркса, Фрейда і Адлера, і дійшов висновку, що наукову теорію робить не підтвердження і не доказ її положень а здатність виключати можливість деяких подій. Поппер рішуче відкинув думку про

безглуздість метафізичних теорій, а також концепцію, згідно з якою теорія набуває значення і стає науковою лише в тому випадку, якщо її індуктивна верифікація можлива за допомогою емпіричних спостережень.

Наукове знання, згідно з Поппером, внутрішньо недосконале і завжди ймовірне. Його зростання відбувається не за рахунок виправдання теорій, а в ході критики спекулятивних гіпотез, які пропонуються як рішення проблем, що стоять перед нами. Істинність наукових теорій не може бути доведена, їх не слід вважати такими, що мають якесь виправдання або підтвердження. Однак ця нездатність виправдати знання зовсім не обов'язково призводить до ірраціоналізму, оскільки ми завжди можемо критикувати наші теорії, перевіряючи їхні прогнози на досвіді.

Концепція наукових революцій Куна (1947)

У 60-ті роки XX ст. стала популярною концепція розвитку науки, запропонована американським філософом Томасом Куном (1922-1996). Основними елементами куновської моделі є поняття «наукова парадигма», «наукова спільнота», «нормальна наука» та «наукова революція». Взаємини цих понять, що утворюють систему, становить ядро куновської моделі функціонування та розвитку науки. Парадигма, центральне поняття моделі, є сукупність визнаних усіма наукових досягнень і зразок створення нових теорій відповідно до наявних на даний час. Зміст парадигм потрапляє у підручники та проникає у масову свідомість. Парадигми зумовлюють постановку нових дослідів, з'ясування та уточнення значень конкретних величин, встановлення конкретних законів. Навколо парадигми поєднується наукова спільнота.

Приріст знання в рамках однієї парадигми Кун називає «Нормальною наукою», а зміну парадигми і, відповідно, перехід від однієї «нормальної науки» до іншої – науковою революцією. Згідно з куновською моделлю в періоди революцій виникає конкурентна боротьба пар «парадигма–спільнота», яка розгортається між спільнотами. Тому перемога у цій

боротьбі визначається, насамперед, соціально-психологічними, а не змістовно-науковими чинниками (це пов'язано з «незрівнянністю» теорій, породжених різними парадигмами).

Синергетика

Синергетика – наука, що займається вивченням процесів самоорганізації відкритих нелінійних систем найрізноманітнішої природи, виникла з праць І. Пригожина з термодинаміки (1947), А. Тьюринга з морфогенезу (1952) і Г. Хакена з лазерної оптики (1960).). У нелінійних системах, завдяки нелінійності внутрішніх процесів та припливу енергії ззовні, виникають явища самоупорядкування, і ентропія системи (міра безладу) починає зменшуватися. Синергетика надала методологічну основу та математичний апарат для дослідження нестійких ситуацій та перехідних процесів у різних науках. На її основі можна розглянути і таку модель зростання наукового знання, як теорія Куна. Термінам «нормальна наука» та «наукова революція» у синергетиці відповідають «русло» та «точка біфуркації». У зоні русла складні системи описуються просто, а в зоні біфуркації (розгалуження) подальший хід процесу можуть визначити найменші зміни чи шуми.

З інших термінів синергетики, які підходять для загального опису еволюційних процесів, згадаємо такі:

- атрактор (множина точок у фазовому просторі динамічної системи, до яких прагнуть траєкторії системи);
- фрактал (нерегулярна самоподібна множина);
- турбулентність (нерегулярна зміна параметрів системи у часі та від точки до точки);
- катастрофа (стрибкоподібні зміни за монотонної зміни базових параметрів);
- джокер (області фазового простору, у яких система може повести себе непередбачуваним чином і зробити різке переміщення).

Цікаво, як філософія Гегеля підтверджується математикою синергетики. Наприклад, закон про перехід кількісних змін в якісні мовою синергетики можна висловити через катастрофу чи джокера. Теорія катастроф стверджує, що монотонна зміна параметрів нелінійної системи виключає можливості різкого стрибка стану, а теорія джокерів говорить, що з часом ймовірність появи джокера лише зростає, тобто тривалий монотонний розвиток системи малоймовірний.

Такі загальні закономірності розвитку як знання, так і складних систем взагалі. Як висновок на чолі наведемо наступну цитату, так само як і введення до наступних розділів:

«Вивчення історії будь-якої технології передбачає певний відхід від технічних досягнень до конкретних винаходів і людей, які стоять за ними, ходу їх думки під час розробки, розгляду досягнень і успіхів, невдач, які стоять за успіхом, виробів, що стоять за успіхами та невдачами, людей, які стоять за виробами та хід думки цих людей. Вивчення повчальних випадків з історії звертає увагу на роль помилок та невдач людини при проектуванні, на відмінності інженерної та наукової діяльності. Історія допомагає нам не лише зрозуміти, а й надати образу світові, в якому ми живемо. Вона відображає прагнення людських старань та неймовірний розвиток за допомогою людської уяви. Вона визначає наше місце у часі. Розуміючи історію, ми можемо навчатися на минулих помилках та успіхах, використовувати вже отримані знання, а також вивчати передбачувані та випадкові наслідки використання технологій для суспільства» [14].

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 1:

1. Бондар В. І. Проблеми становлення і розвитку методології наукового пізнання в педагогіці / В. І. Бондар. – Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017. – 161 с.

2. Бірта Г. О. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посіб. / Г. О. Бірта, Ю. Г. Бургу. – Київ : Центр учб. літ., 2014. – 142 с.

3. Габович О., Кузнєцов В., Семенова Н. Українська фундаментальна наука і європейські цінності / О. Габович, В. Кузнєцов, Н. Семенова. – Київ : Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2016. – 284 с.

4. Данильян О. Г. Інформаційна картина світу як соціокультурна реальність / О. Г. Данильян, О. П. Дзьобань // Гілея: науковий вісник : зб. наук. пр. / голов. ред. В. М. Вашкевич. – Київ : ВІР УАН, 2013. – Вип. 70 (№3). – С. 573–578.

5. Данильян О. Г. Організація та методологія наукових досліджень : навч. посіб. / О. Г. Данильян, О. П. Дзьобань. – Харків : Право, 2017. – 448 с.

6. Дутковський І. Взаємодія традицій і новацій у науці / І. Дутковський // Гілея: науковий вісник : зб. наук. пр. / голов. ред. В. М. Вашкевич. – Київ : ВІР УАН, 2013. – Вип. 73 (№6). – С. 136–138.

7. Історія науки і техніки України : підруч. для студентів вищ. навч. закл. / Л. Є. Дещинський та ін. ; за наук. ред. Л. Є. Дещинського. – Львів : Растр-7, 2011. – 327 с.

8. Іщенко М. П. Філософія науки: питання теорії і методології : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Іщенко, І. І. Руденко ; за ред. М. П. Іщенка. – Київ : УБС НБУ, 2010. – 442 с.

9. Малигіна В. Д. Методологія наукових досліджень : монографія / В. Д. Малигіна, О. Ю. Холодова, Л. М. Акімова. – Рівне : НУВГП, 2016. – 247 с.

10. Машталер А. А. Культура інноваційного мислення в освіті: інформація, творчість, знання : монографія / А. А. Машталер. – Київ : Інформ. системи, 2012. – 284 с.

11. Мельник В. Філософія. Наука. Техніка: Методолого-світоглядний аналіз : монографія / Володимир Мельник. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 589 с.

12. Мокін Б. І. Методологія та організація наукових досліджень :

навч. посіб. / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 180 с.

13. Нова педагогічна думка : науково-методичний журнал / гол. ред. А. Черній. – Рівне. – (річні комплекти за 2014-2018 рр.).

14. Основи методології та організації наукових досліджень : навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнктів / за ред. А. Є. Конверського. – Київ : Центр учб. літ., 2010. – 352 с.

15. Основи наукових досліджень : конспект лекцій / уклад. Е. В. Колісніченко. – Суми : Сум. держ. ун-т, 2012. – 83 с.

16. Основи наукових досліджень: Організація наукових досліджень : конспект лекцій / уклад. Н. І. Бурау. – Київ : НТУУ «КПІ», 2007. – 33 с. 54. Остапчук М. В. Методологія та організація наукових досліджень : підручник / М. В. Остапчук, А. І. Рибак, О. С. Ванюшкін. – Одеса : Фенікс, 2014. – 375 с.

17. Рибалка В. В. Методологічні проблеми наукової психології : посібник / В. В. Рибалка. – Київ : Талком, 2017. – 245 с.

18. Солодков В. Т. Логіка : навч.-метод. комплекс / В. Т. Солодков ; НАПН України, Ун-т менедж. освіти, Ін-т менедж. та психології. – Київ, 2011. – 40 с.

19. Соціологія: теорія, методи, маркетинг : науково-теоретичний часопис / редкол. М. Алексеєв [та ін.] ; гол. ред. В. Ворона, В. Степаненко. – Київ. – (річні комплекти за 2014-2018 рр.).

20. Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія : щоквартальний науково-практичний журнал / гол. ред. О. Г. Романовський. – Харків : НТУ «ХПІ». – (річні комплекти за 2014-2018 рр.).

21. Чернишова Є. Р. Основи наукознавства (дорожня карта наукового керівника) : наук.-метод. посіб. / Є. Р. Чернишова ; НАНП України, ДВНЗ «Ун-т менедж. освіти». – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 256 с.

22. Чернишова М. О. Формування готовності майбутніх менеджерів організації до дослідницької діяльності : наук.-метод. посібник /

М. О. Чернишова ; НАПН України, Університет менеджменту освіти, Інститут менеджменту та психології. – Київ, 2013. – 172 с.

23. Sridhar Condoor. Importance of Teaching the History of Technology // Proceedings Frontiers in Education 34th Annual Conference, Vol.1 (October 21, 2004), Session T2G, pp.7-10.

РОЗДІЛ 2. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАТИКИ У ДОЕЛЕКТРОННУ ЕПОХУ

Тема 2.1. Виникнення рахунку.

Мета: сформувати систематизовані знання про виникнення рахунку.

План:

1. Перші рахунки.
2. Бірки, зарубки, вузлики.
3. Пальцевий рахунок.
4. Рахункові дошки.

Перші рахунки

Перший слід людської думки, пов'язаної з обчисленнями, був залишений близько 30 тисяч років тому, у верхньому палеоліті, в період максимуму останньої льодовикової епохи, яка занапастила неандертальців. При розкопках стоянки мисливців на мамонтів у 1937 р., у Дольні-Вестониці (Чехія), серед різних предметів, була знайдена поцяткована зарубками кістка, що дозволила припустити, що тоді предки людини здійснювали якісь обчислення.

Перехід у палеоліті від простого збирання їжі до її виробництва, від полювання та рибальства до землеробства мало просунув людей у розумінні числових величин і просторових відносин. Лише з неолітом, коли пасивне ставлення людини до природи змінилося на активне, абстрактні числові терміни стали повільно входити у вживання. Вперше вони з'являються швидше як якісні, ніж кількісні терміни, виражаючи різницю лише між одним (або «якимось») і двома і багатьма (або «якимись»). Те, що первісні люди спочатку знали лише «один», «два» та «багато», підтверджується тим, що в деяких мовах, наприклад у грецькій, існують три граматичні форми: однини, подвійного числа та множини.

Таке наочне, інтуїтивне уявлення про кількість виникло насамперед виникнення рахунку та позначення чисел. Пізніше людина навчилася робити відмінності між двома та трьома деревами та між трьома та чотирма людьми. З розширенням поняття числа великі числа спочатку утворювалися за допомогою додавання: 3 шляхом додавання 2 і 1, 4 шляхом додавання 2 і 2, 5 шляхом додавання 2 та 3.

Рахунок спочатку був із цілком конкретним набором об'єктів, і перші назви чисел були прикметниками. Про це свідчить той факт, що слова «один» і «перший», як і "два" і "другий" ("інший"), у багатьох мовах не мають між собою нічого спільного. Тоді слова «три» і «третій», «чотири» і
"четвертий", що лежать за межами первісного рахунку, вказують на появу взаємозв'язку між кількісними та порядковими числівниками.

Бірки, зарубки, вузлики

Бірка – це дерев'яна паличка (дуже рідко зустрічаються бирки з кістки чи каменю), яку наносять різної форми насічки (зарубки). Довга пряма зарубка означала одиницю, коса – п'ять, хрестоподібна – десять (рис. 2.1). Є найпростішим і першим штучним лічильним приладом. Виникнення бирок губиться у глибині століть, вони були у використанні дуже довго. Ще першої чверті XX століття ними користувалися багато народів. Спочатку бирки служили для фіксування на згадку тих чи інших чисел. З їхньою допомогою вели рахунок дням, кількості поголів'я худоби, записували величину боргу тощо.

Знайдена в Дольні-Вестониці променева кістка вовка була завдовжки близько 17 сантиметрів із 55 глибокими зарубками. Перші двадцять п'ять зарубок розміщені групами по п'ять, за ними йде зарубка подвійної довжини, що закінчує цей ряд, а потім з нової зарубки подвійної довжини починається другий ряд. Цей найдавніший приклад користування бірок.

Вузлики – одне із видів старовинного рахунку з допомогою мотузок, у яких числа відзначалися зав'язуванням різних вузликів (рис. 2.1). Рахункові вузлики в різних народів вважалися недоторканними та священними. Той, хто зав'язав чи розв'язав на подібному документі, не маючи на те повноважень, вузол, заслуговував на найжорстокішу кару. У Європі до середньовіччя збереглися сліди те, що зав'язані вузли грали роль судового докази.

У Геродота (V ст. до н. е.) є розповідь про те, як перський цар Дарій, вирушаючи в похід на скіфів, наказав іонійцям залишитися для охорони мосту через річку Істер і, зав'язавши на ремені 60 вузлів, наказав розв'язувати по одному в день, а після закінчення відправлятися додому.

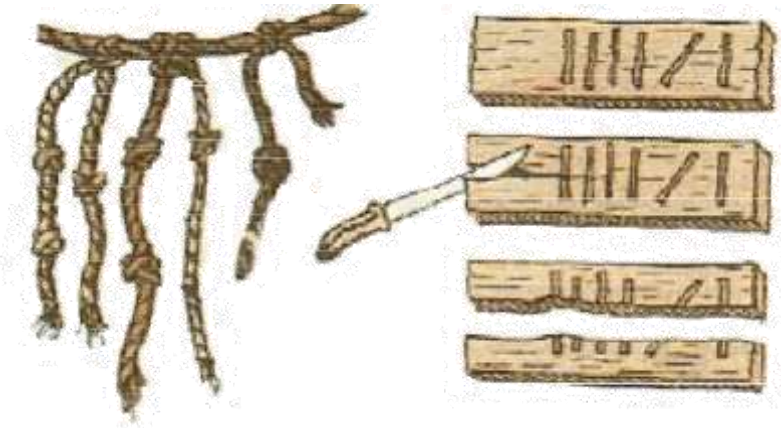

Рис. 2.1.Вузлики та бірки

Знайдена в Дольні-Вестониці променева кістка вовка була завдовжки близько 17 сантиметрів із 55 глибокими зарубками. Перші двадцять п'ять зарубок розміщені групами по п'ять, за ними йде зарубка подвійної довжини, що закінчує цей ряд, а потім з нової зарубки подвійної довжини починається другий ряд. Цей найдавніший приклад користування бірок.

Вузлики – одне із видів старовинного рахунку з допомогою мотузок, у яких числа відзначалися зав'язуванням різних вузликів (рис. 2.1). Рахункові вузлики в різних народів вважалися недоторканними та священними. Той, хто зав'язав чи розв'язав на подібному документі, не маючи на те повноважень, вузол, заслуговував на найжорстокішу кару. У

Європі до середньовіччя збереглися сліди те, що зав'язані вузли грали роль судового докази.

У Геродота (V ст. до н. е.) є розповідь про те, як перський цар Дарій, вирушаючи в похід на скіфів, наказав іонійцям залишитися для охорони мосту через річку Істер і, зав'язавши на ремені 60 вузлів, наказав розв'язувати по одному в день, а після закінчення відправлятися додому.

Ще одним цікавим методом числення були квипу - перуанські лічильні мотузки, найдавніша з яких датується 3 тис. років до н.е. Кіпу робили з листя агави чи вовни. Вважали на них за допомогою вузликів. Маленький вузлик міг означати одиницю, велику п'ятірку чи сімку. Вузлики могли бути подвійними, потрійними або навіть четверними, позначаючи різні ступені числа 10. Квіпу фарбували в різні кольори, щоб знати, що саме на них рахували. Наприклад, червоних уважали мішки із зерном, а на синіх – овець. З їх допомогою фактично проходило управління всією імперією інків.

Пальцевий рахунок

Пальцевий рахунок, тобто рахунок п'ятірками та десятками, виник лише на певному щаблі суспільного розвитку, розвитку ремесла та торгівлі. Так з'явилася можливість висловлювати числа у системі числення, що дозволяло утворювати великі числа, і виник примітивний різновид арифметики.

Числа групували та об'єднували у великі одиниці, зазвичай користуючись пальцями однієї руки або обох рук – звичайний у торгівлі прийом. Це вело до рахунку спочатку з основою п'ять, потім з основою десять, який доповнювався додаванням, а іноді відніманням, так що дванадцять сприймалося як 10+2, а дев'ять – як 10–1. Іноді за основу брали 20 – число пальців на руках та ногах. Множення зародилося тоді, коли 20 висловили як 10+10, бо як 2×10. Подібні двійкові дії виконувались протягом тисячоліть, являючи собою щось середнє між

додаванням та множенням, зокрема в Єгипті та у доарійській культурі Мохенджо-Даро на Інді. Поділ почався з того, що 10 стали виражати як «половину тіла», хоча свідоме застосування дробів залишалося вкрай рідкісним явищем.

Пальцевий рахунок був поширений як у Стародавню Грецію і Римі, і у середньовіччі. У поемі Гомера "Одіссея" часто зустрічається слово "п'ятірити" у значенні "рахувати". На головній площі Риму Форумі було споруджено гігантську фігуру дволикого бога Януса. Пальцями правої руки він зображував число 300, пальцями лівої
– 55. Разом це становило 355 – кількість днів на рік за римським календарем. Однак у Стародавньому Римі зрозуміли безперспективність пальцевого рахунку та перейшли на палички із зарубками.

Повний опис пальцевого рахунку написав англосаксонський чернець Беда Венерабіліс Високоповажний (673–735). Він докладно виклав способи подання на пальцях різних чисел до мільйона. Його слова – «У світі є багато важких речей, але немає нічого важчого, ніж чотири дії арифметики».

Нині пальцевий рахунок знаходить застосування деяких фондових біржах, і навіть у іграх, з допомогою яких батьки навчають своїх дітей рахунку.

Рахункові дошки

•Рахунок на камінні (пірамідки).

•Давньогрецький абак (Саламінська дошка).

•Китайські рахунки суан-пан.

Російський "дощаний рахунок".Щоб зробити процес рахунку зручнішим, первісна людина почала використовувати замість пальців невелике каміння. Він складав з каміння піраміду і визначав, скільки в ній каміння, але якщо число велике, то підрахувати кількість каміння на око важко. Тому він став складати з каміння дрібніші піраміди однакової

величини, а через те, що на руках десять пальців, то піраміду становили саме десять каменів.

Абак – це грецьке слово αβαξ, тобто. «лічильна дошка» або «Саламінська дошка» на ім'я острова Саламін в Егейському морі (рис. 2.2). Давньогрецький абак був посипану морським піском дощечку. На піску проходили борозенки, на яких каменями позначалися числа. Абак вигадали фінікійці, а потім цей спосіб рахунку перейняли інші народи. У V ст. до н.е. Абак набув широкого поширення в Греції та Єгипті.

У стародавньому Римі вживався такий самий абак, як у Греції, а також удосконалений абак. Такий римський абак був металевою платівкою з вертикально прорізаними дев'ятьма жолобками, вздовж яких пересувалися камінці. Внизу поміщалися камінці для рахунку до п'яти, а у верхній частині було спеціальне відділення для камінчиків, що позначають п'ять, тобто римляни вважали п'ятірками. Від латинського слова calculus, що означає
"галька", "камінчик", і відбулося латинське слово "calculator", що означає "лічильник".

Суан-пан та соробан – це китайський та японський варіанти абака (рис. 2.2). Китайці здогадалися замінити камінчики бусинками на прутиках. Прутики кріпилися на дерев'яній рамі. То й був суан-пан. Крім паралельних горизонтальних лозин з бусинками, є ще перпендикулярна їм лінійка, яка ділить весь пристрій на дві нерівні частини. У великому відділенні було нанизано по п'ять кульок – скільки пальців на руках, а у маленькому по дві – скільки рук. А соробан
– це те саме, тільки у великому відділенні чотири намистини замість п'яти.

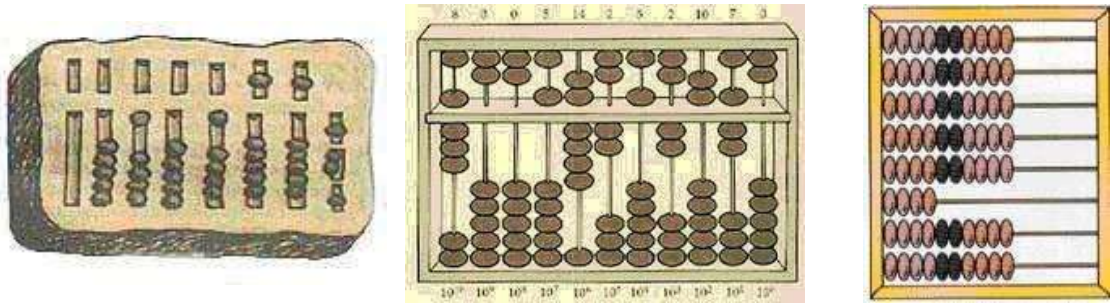

Рис. 2.2.Абак,суан-пан та російські рахунки

На Русі довгий час вважали за кісточками, що розкладаються в купки. Приблизно з XV століття набув поширення «дощаний рахунок», завезений, певне, західними купцями. Дощаний рахунок майже не відрізнявся від звичайних рахунків і був рамкою з укріпленими горизонтальними мотузочками, на які були нанизані просвердлені сливові або вишневі кісточки. На відміну від абака була прибрана горизонтальна лінійка та додані намистини, тому рахунки раніше називалися «російські щоти» (рис 2.2).

Тема 2.2. Виникнення систем числення

Мета: сформувати систематизовані знання про виникнення систем числення.

План:

1. Системи числення.
2. Єгипет (бл. 2850 до н.е.).
3. Вавилон (2 тис. років до н.е.).
4. Грецька (5 ст до н.е.).
5. Римська (500 років до н.е.).
6. Китай (близько 4 тис. років до н.е.).
7. Америка.

Системи числення

Системи числення – це різні записи чисел за допомогою спеціальних

знаків, які називаються цифрами. Число цифр, з допомогою яких записуються числа у цій системі числення, називається основою системи числення. Системи числення з'явилися одночасно з появою пальцевого рахунку, тому не дивно, що в якості основи систем вибиралися числа 5, 10, 20, рідше – 12. Так, з 307 досліджених систем числення первісних американських народів 146 були десятковими, 106 – п'ятирічними та п'ятирічними. , Інші - двадцятеричними і п'ятирічно-двадцятерічними.

Системи числення можна розділити на три частини – непозиційні, позиційні і змішані системи числення. Непозиційні системи числення з'явилися історично першими, у яких значення кожного цифрового символу завжди і залежить від становища. Найпростішим випадком такої системи є одинична, що використовує єдиний символ (риса, точка), який завжди ставиться в кількості, що відповідає числу, що позначається. p align="justify"> Модифікацією одиничної системи є система з основою, в якій є символи як для позначення одиниці, так і для ступенів основи. Прикладом такої системи з основою є давньоєгипетська, що виникла у третьому тисячолітті до нової ери.

Єгипет (бл. 2850 до н.е.)

У давньоєгипетській системі числення використовуються кілька ієрогліфів: жердина (одиниці), дуга або підкова (десятки), пальмовий лист або силок (сотні) та квітка лотоса (тисячі) (рис. 2.3). Продовжуючи в тому ж дусі, єгиптяни позначали десять лотосів зігнутим пальцем, десять зігнутих пальців - хвилястою лінією, і десять хвилястих ліній - фігуркою здивованої людини. У результаті давні єгиптяни могли становити числа до мільйона. Числа в єгипетській системі, як і в будь-якій непозиційній, виходять додаванням, порядок дотримання будь-якої, але для впізнавання цифри групуються. Дроби використовувалися аліквотні (виду**1**/n).

Рис. 2.3. Приклад запису числа 6789 у давньоєгипетській та вавилонській системах числення

У позиційних системах числення важливу роль відіграє порядок дотримання цифр. Кожна цифра має власну позицію, що визначає її чисельне значення. Для системи вибирається основа – позитивне натуральне число, тоді будь-яке число представляється як сума ступенів n із цілими коефіцієнтами ak від 0 до n–1. Винахід позиційного числення приписується шумерам та вавилонянам.

Вавилон (2 тис. років до н.е.)

Вавилонія, що виникла на початку 2 тис. років до н.е., успадкувала культуру попередніх царств Межиріччя – Шумеру та Аккаду, які розділили двома тисячоліттями раннє рік на 12 частин, добу – на 24, і використовували 60-річну систему числення. Ці ж царства ввели клинопис, що домінує у міжріччі до 1 тис. до н.е. Вважають, що шістдесяткова система була обрана з метрологічних міркувань: число 60 має багато дільників. Крім 60, у вавилонській системі числення були присутні підстави 10 та 12.

Для малих чисел вавилонська система числення в основних рисах нагадувала єгипетську. Одна вертикальна клиноподібна риса означала одиницю, а позначення числа 10 використовувався знак як кутової дужки, спрямованої вліво (рис. 2.3). Повторені кілька разів, вони позначали відповідну кількість одиниць і десятків. Різниця спостерігалась лише у зовнішньому вигляді цифр, оскільки вавілоняни для їх запису

використовували палички та глиняні дощечки, а не м’який папірус.

Але для запису чисел понад 59 давні вавилоняни вперше використали принцип позиційності. Як колективні символи вищого порядку стали застосовуватися раніше використані символи, які у записі числа нове становище лівіше попередніх символів низького порядку. Так, один клиноподібний знак міг використовуватися для позначення і 1, 60, 602, 603, залежно від займаного ним в записі числа положення.

У виняткових випадках вавилоняни застосовували скорочені форми запису, іноді – з новими символами для позначення чисел 100 та 1000, або використовували принципи множення чи віднімання.

Перевага розробленої Месопотамії системи числення чітко видно у позначенні дробів. Тут не потрібно вводити нові символи. Як і в сучасній десятковій позиційній системі, в давньовавилонській системі малося на увазі, що на першому місці праворуч від одиниць стоять величини, кратні 1/60, на другому місці - величини кратні 1/602 і т.д. Звідси бере початок звичний нам поділ години та кутового або дугового градуса на 60 хвилин, а однієї хвилини – на 60 секунд.

Грецька (5 ст до н.е.)

У Стародавній Греції мали ходіння дві основні системи числення – аттична та іонічна (олександрійська чи алфавітна) (рис. 2.4).

Аттична система числення використовувалася греками, мабуть, вже до 5 в. до н.е. Фактично це була десяткова система. Використовуючи число 5 як проміжне підґрунтя системи числення, греки на основі принципу множення комбінували п'ятірку із символами ступенів числа 10. Одиниця в аттичній системі позначалася вертикальною паличкою, іншими цифрами були пента (П, 5), дека (D, 10), гекатон (Н , 100), хіліої (Х, 1000), міріої або міріада (М, 10000). Числа більше 50 000 зазвичай описувалися словами.

Іонічна система числення набула широкого поширення ІІІ столітті

до н.е., на початку Олександрійської епохи, хоча виникнути вона могла вже у піфагорійців. Ця система числення була суто десятковою. Використовуючи двадцять чотири літери грецького алфавіту та ще три архаїчні знаки, іонічна система зіставила дев'ять букв першим дев'яти числам (α–θ); інші дев'ять літер - першим дев'яти цілим кратним числа десять (?-?); та останні дев'ять символів першим дев'яти цілим кратним числа 100 (ρ-ϡ). Для позначення перших дев'яти цілих кратних числа 1000 греки частково скористалися давньовавилонським принципом позиційності, знову використавши перші дев'ять букв грецького алфавіту, забезпечивши їх штрихами зліва. За цим принципом, але з власного алфавіту, діяла і давньоруська система числення.

(5+1) *1000 + (5+2) *100 + (5+3) *10 + (5+4) 6*1000 + 700 + 80 + 9

Рис. 2.4. Приклад запису числа 6789 в аттичній та іонічній системах числення

Грецька алфавітна позначка цілих чисел можна було б легко пристосувати для позначення десяткових дробів, але вони ігнорувалися з кількох причин. Наприклад, саме слово
«число» греки розуміли як набір цілих одиниць. Крім того, десяткові уявлення звичайних дробів у більшості випадків нескінченні, а нескінченність була виключена із суворих міркувань.

З іншого боку, областю, в якій практичні обчислення відчували найбільшу потребу в точних дробах, була астрономія, а тут вавилонська традиція була настільки сильною, що шістдесяткова система позначень кутових, дугових і часових величин зберігається й досі. Тому в ході були аліквотні та шістдесяткові дроби, в яких греки замінили клинопис літерними позначеннями.

Римська (500 років до н.е.)

Широка популярність римського позначення чисел навіть серед сучасних систем пояснюється величезним впливом, яким мала Римська імперія в порівняно недавньому минулому. Етруски, що завоювали Рим у 7 ст. е., випробували у собі вплив східно-середземноморських культур. Цим частково пояснюється подібність основних принципів римської та аттичної систем числення – це десяткові системи, у яких особливу роль відіграє п'ять. Обидві системи використовували під час запису чисел символи, що повторюються. Зрозуміло, деталі вони відрізнялися. Старими римськими символами для позначення чисел 1, 5, 10, 100 і 1000 були, відповідно, символи I, V, X, Q і Ф. Згідно з однією з поширених теорій, римська цифра V зображує розкриту руку з чотирма притиснутими один до одного пальцями відставленим великим пальцем. Пізніші позначення C і M або походять від старих римських символів, або вони акрофонічно пов'язані з початковими літерами латинських слів, що означали 100 (центум) і 1000 (милле). Вважають, що римський символ числа 500, буква D, виник із половинки старого символу, що позначав 1000.

Римляни часто використовували принцип вирахування, тому іноді замість VIIII використовували IX і XC замість LXXXX; пізніше IV замість IIII (рис. 2.5). Спочатку древні римляни уникали записувати число IV замість IIII, можливо тому, що символ IV збігається з першими двома літерами старолатинського написання імені Юпітера.

MMMMMMDCCLXXXIX

Рис. 2.5. Приклад запису числа 6789 у давньоримській системі числення

Непозиційна система числення незручна для ведення розрахунків, тому не дивно, що в абак, що існував паралельно, використовувалося десяткове позиційне числення. У цілому нині римляни були схильні займатися математикою, тому не відчували особливої потреби у великих числах. Проте для позначення 10000 і 100000 вони епізодично

використовували окремі символи, а позначення чисел 5000 і 50000 – їх половинки.

Дробів римляни уникали так само завзято, як і великих чисел. У практичних завданнях, пов'язаних з вимірами, вони не використовували дроби, поділяючи одиницю виміру зазвичай на 12 частин, щоб результат вимірювання подати у вигляді складового числа, суми кратних різних одиниць, як це робиться сьогодні, коли довжину виражають в ярдах, футах і дюйми. Англійські слова «ounce» (унція) та "inch" (дюйм) походять від латинського слова uncia (унція), що позначав одну дванадцяту основної одиниці довжини.

Китай

Одні з найдавніших систем числення було створено Японії та Китаї (рис. 2.6). З китайських систем перша виникла як результат оперування з паличками, що викладаються для рахунку на стіл або дошку. При перевищенні 99 система перетворювалася на позиційну. Друга китайська система числення, що виникла близько 4 тис. років тому, для позначення перших дев'яти цілих чисел або символів використовувала дев'ять різних знаків та одинадцять додаткових символів для позначення перших одинадцяти ступенів числа 10. У поєднанні з множенням та відніманням це дозволяло записувати будь-яке число менше трильйона.

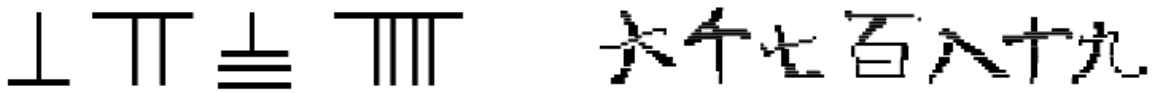

Рис.2.6. Приклад запису числа 6789 у двох китайських системах числення

Америка

Системи числення американського континенту цікаві тим, що на їх розвиток не впливали цивілізація Європи та Азії. Дослідники, що

подорожували в XVI столітті Центральною Америкою, виявили цивілізації з високорозвиненими системами числення, відмінними від тих, які були відомі в Європі. У індіанців майя найважливішими елементами в системі числення були позиційний принцип та символ нуля. Якщо відволіктися від того, що прийнята у майя система числення була не шістдесятковою, а двадцятеричною і замість 10 використовувала допоміжну основу 5, то в іншому принципи були аналогічні вавилонським. У схемі майя точка означала одиницю, а горизонтальна межа – п'ятірку. Для позначення числа двадцять майя скористалися позиційним принципом, використовуючи точку, вміщену символом нуля.

Система числення ацтеків була більш послідовно двадцятеричною, ніж у майя, але в іншому менш тонкою, так як не використовувала ні позиційний принцип, ні спеціальний символ для нуля. Крапка означала в ацтеків одиницю, а позначення ступенів числа 20 було запроваджено нові знаки: прапор для 20, дерево для 400 і гаманець для 8000. За необхідності інші числа представлялися з допомогою повторення цих символів, як їх надмірного повторення вони позбавлялися, вводячи спеціальні проміжні колективні знаки: ромбоподібний знак для 10 та фрагменти дерева для 100, 200 чи 300.

Північноамериканські індіанці у відсутності писемності, а використовувані назви чисел були переважно прикметниками і лише окремих випадках досягали рівня абстракції, що вони ставали іменниками. Тим не менш, за допомогою малюнків або усно індіанці могли виразити число аж до мільйона. Системи складання чисел були різними, але приблизно половина з них по суті була десятковою.

Як бачимо, десяткова позиційна система у різних недосконалих формах з'являлася в багатьох цивілізацій. Але початок сучасної десяткової системі дала ще одна варіація десяткової системи, що виникла в індусів як рахунок на пальцях.

Тема 2.3. Виникнення сучасної десяткової системи числення

Мета: сформувати систематизовані знання про виникнення сучасної десяткової системи числення.

План:

1. Індія.
2. Аравія.
3. Недесяткові системи числення.
4. Двійкова система числення.

Індія

Індійські системи числення проходили у своєму розвитку ті самі етапи, що й у всіх інших цивілізаціях. На стародавніх написах з Мохенджо-Даро (бл. 2 тис. років до н.е.) вертикальна рисочка в записі чисел повторюється до тринадцяти разів, а угруповання символів схоже на єгипетське. Потім мала ходіння система числення «кхарошті», що дуже нагадує атичну, в якій для позначення чисел 4, 10, 20 і 100 використовувалися повторення колективних символів. Ця система поступово поступилася місцем системі «брахмі», де буквами алфавіту позначалися одиниці (починаючи з чотирьох), десятки, сотні і тисячі. Перехід від кхарошти до брахмі відбувався після вторгнення до Індії Олександра Македонського, іонічна система числення витіснила аттичну. Цілком можливо, що перехід від кхарошті до брахмі відбувався під впливом греків. Написи, знайдені в Нана-Гат і Насіці, що стосуються перших століть до нашої ери і перших століть нашої ери, мабуть, містять позначення чисел, які були прямими попередниками сучасної індоарабської системи. До 8-9 ст. ця система отримує символ нуля і знаходить елементи сучасної системи числення: індійська система була десятковою, цифровою та позиційною. При бажанні можна навіть побачити деяку схожість із накресленням сучасних цифр (рис. 2.7).

Рис. 2.7. Приклади запису числа 6789 в індійській, арабською «індійської» (8 в.)та арабською «іспанською» (10 в.)системах числення

Принцип позиційності, найімовірніше, проник у Індію з давнього Вавилона. Оскільки індійські астрономи використовували шістдесяткові дроби, цілком можливо, що це навело їх на думку перенести позиційний принцип із шістдесяткових дробів на цілі числа, записані в десятковій системі.

Аравія

Сучасну систему позначення чисел часто називають арабською, але вона бере початок не з Аравії. До хиджри (переселення пророка Мухаммеда з Мекки в Медину) араби записували числа словами, але потім, як це робили раніше греки, вони почали позначати числа літерами свого алфавіту. У 772 індійський трактат "Сіддханта" був привезений до Багдада і переведений на арабську, після чого після торгових розрахунків арабські купці почали застосовувати систему, запозичену з Індії. Стара, алфавітна система, як і раніше, використовувалася астрономами. Серед тих, хто користувався індійською системою, зображення цифр, як і в Індії, сильно варіювали, і часто арабські цифри з різних частин халіфату здавалися ніяк не пов'язаними (рис. 2.7). Проте зручність запису призвела до того, що індійські цифри були запозичені у арабів італійськими купцями. Так вони потрапили до середньовічної Європи.

Недесяткові системи числення

5-, 10- і 20-річна системи, що виникли в давнину у різних народів, мають анатомічне походження - вони пов'язані з кількістю пальців на

одній, двох руках і руках разом з ногами відповідно. 12-річну систему можна пов'язати з кількістю фаланг пальців на руці, якщо їх вважати великим пальцем. Але, швидше за все, її поява у шумерів пов'язане з подільністю, яка робила число "правильним". З ділимістю ймовірно пов'язана і поява 60-річної системи. З усієї різноманітності систем давнини до нашого часу дожила і залишилася популярною десяткова європейська система числення, також збереглися в ході 12-річна та 60-річна системи.

Дванадцяткова і шістдесяткова системи зручні через наявність безліч дільників, що використовуються для позначення часу, кутів. 12-річна система досі застосовується в деяких народів Нігерії та Тибету, розподіл шилінгу на 12 пенсів скасовано лише в 1971 р., а розподіл футу на 12 дюймів та вживання терміна «дюжина» застосовується і в теперішньому.

Вісімкова та шістнадцяткова системи зручні для запису двійкових чисел, оскільки групують цифри по 3 або 4 розряди.

Періодично порушується питання оптимальності найпопулярнішої системи – десяткової, і пропонується перехід на вісімкову чи дванадцяткову систему, головні переваги яких пов'язані з їх подільністю. Але такий перехід вимагає повного перегляду таблиць додавання та множення та інші складності, що зводить очікувані переваги нанівець.

Цілочисленною позиційною системою, найекономічнішою за кількістю знаків, вважається трійкова система (найближча до e), яка іноді розглядається як можлива альтернатива двійковій системі. Розроблено трійкову логіку, а в свій час навіть випускалася трійкова ЕОМ «Сетунь» (1959). У ній замість одного трійкового елемента використовувалося два двійкових, але все одно машина мала переваги перед двійковою.

Двійкова система числення

Двійкове числення немає такого коріння у повсякденно-

практичному досвіді, які є у п'ятирічної чи десяткової систем, і зустрічається протягом тисячоліть у поодиноких випадках, але у сучасної обчислювальної техніки відіграє виняткову роль.

Найдавнішим використанням двійкового числення, яке застосовувалося вже в I-II тисячолітті до н.е., можливо, є стос - вузликовий запис інків та їх попередників, що складалася як з числових десяткових записів, так і нечислових двійкових.

Перший відомий науці опис двійкової системи числення дав давньоіндійський математик Пінгала (IV або II століття до н.е.), який описав ведичну систему віршування з короткими та довгими складами. У його системі чотири короткі склади (двійкові 0000) означали одиницю, оскільки нуль у позиційній системі ще не використовувався.

Китайська Книга Змін династії Чжоу (1122–771 рр. е.) складається з 64 символів – гексаграмм, кожен із яких висловлює ту чи іншу життєву ситуацію різних стадіях розвитку. Символи складаються із шести рис, які позначають послідовні щаблі розвитку. Гексаграма ділилася на дві триграми – верхню та нижню (рис. 2.8). Порядок розташування гексаграм відповідно до значень відповідних двійкових цифр (від 0 до 63) розробив китайський філософ Шао Юн (1011–1077), але невідомо, чи мав він у своєму розпорядженні їх за правилами двійкової арифметики, чи просто по порядку зростання двосимвольних літерних позначень гексаграм.

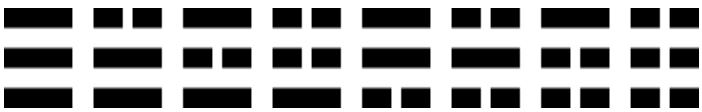

Рис. 2.8.Триграми Книги Змін-Цянь (Небо), Дуй (Водойма), Лі (Вогонь), Чжень(Грім), Сунь (Вітер), Кань (Вода), Гень (Гора) та Кунь (Земля)

Сучасна двійкова система описана Лейбніцем у роботі "Explication de l'Arithmétique Binaire" (1703), в якій він використовує сучасні позначення 0

і 1. Лейбніц не рекомендував використовувати двійкове числення для практичних обчислень, але зазначав, що при переході до нього з'являється "чудовий порядок". Лейбніцем, який захоплювався китайською культурою, була помічена і Книга Змін. Він зауважив, що гексаграми відповідають числам від 0 до 111 111 і захоплювався тим, що це свідчить про досягнення китайської філософії того часу.

У 1854 р. Дж. Буль сформулював основи математичної логіки та докладно описав двійкову систему числення. У 1936-1938 роках американський інженер та математик Клод Шеннон знайшов застосування двійкової системи при конструюванні схем з реле та перемикачів. Невдовзі двійкова арифметика та двійкова логіка були повсюдно впроваджені в комп'ютерну техніку, побудовану на бістабільних елементах.

Тема 2.4. Засоби автоматизації рахунку в ранній Новий час

Мета: сформувати систематизовані знання про засоби автоматизації рахунку в ранній Новий час.

План:

1. Рахункові палички Непера.
2. Логарифмічна лінійка (1654).

Рахункові палички Непера

Перехід із Середньовіччя у Новий час супроводжувався бурхливим зростанням виробництва та торгівлі, великими науковими та географічними відкриттями, суттєвими змінами у соціальній структурі суспільства. У цей час, в XV–XVII століття, активно розвиватися мореплавання і астрономія. Щоб скласти астрономічну чи морехідну таблицю залучалися десятки, а то й сотні людей, які складали, множили, ділили та добували коріння. Джон Непер (1550–1617) вигадав спеціальні

таблиці для обчислення, які були названі «паличками Непера», і дозволяли швидко виконувати операції множення та поділу. Непер писав, що «…немає нічого клопотнішого в математичній практиці, що більше докучало б обчислювачу, ніж виконання над великими числами множення, поділу, вилучення квадратних і кубічних коренів, які пов'язані зазвичай з масою помилок, що важко виявляються».

Алгоритм рахунку на паличках Непера сходить до одного з найдавніших способів множення – «gelosia», який був введений у використання в Європі в 1202 р. У ньому співмножники записувалися вздовж верхньої та лівої сусідніх граней решітки, порозрядно множилися, а при підсумовуванні «косою» вздовж нижньої та правої граней грат виходив результат (рис. 2.9).

Власна ідея Непера – розрізати таблицю на стовпці та виконувати дії, підбираючи потрібні палички відповідно до складу числа. Природно, що для введення числа в наборі повинно бути більше паличок, цифри можуть повторюватися. Таким чином, множення стає тривіальним завданням, але цим потенціал паличок не вичерпується, з ними можна виконувати і поділ, і зведення в ступінь, і вилучення кореня, спираючись на додавання та віднімання логарифмів.

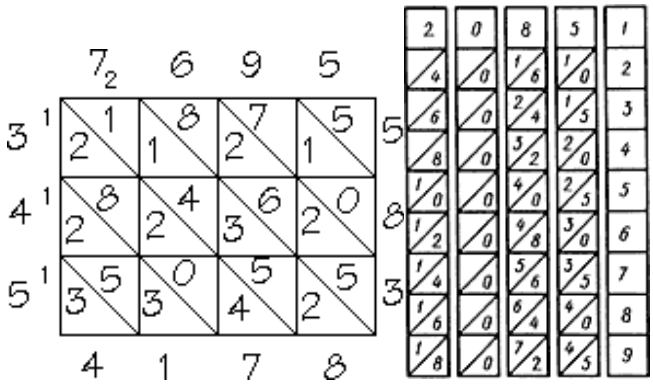

Рис. 2.9. Алгоритм «Gelosia» (543)×7695 = 4178358)та палички Непера

Поряд з паличками Непер запропонував лічильну дошку для виконання чотирьох арифметичних дій, а також зведення в квадрат і вилучення в двійковій системі числення квадратного кореня, передбачивши тим самим перевагу двійкової системи для автоматизації

обчислень. Також він – один із винахідників логарифмів, відкриття яких послужило основою створення логарифмічної лінійки, яка понад 300 років відслужила інженерно-технічним працівникам усього світу. Таблицями логарифмів Непера широко користувалися під час обчислень астрономи, математики, штурмани далекого плавання.

Логарифмічна лінійка (1654)

У 1654 р. Роберт Біссакар, а в 1657 р. незалежно С. Патрідж, розробили прямокутну логарифмічну лінійку, що замінила операції множення та поділу операціями складання та віднімання логарифмів. Лінійка складалася з двох шкал у логарифмічному масштабі, здатних пересуватися відносно один одного. Перша лінійка, придатна до виконання будь-яких інженерних розрахунків, було сконструйовано 1779 року Дж. Уаттом. Логарифмічні лінійки широко використовувалися до 1980-х років. (у СРСР), коли були витіснені мікрокалькуляторами.

Конструкція лінійки за століття практично не змінилася, хоча складніші лінійки містять додаткові шкали та прозорий бігунок з декількома ризиками. На звороті лінійки можуть бути якісь довідкові таблиці. За допомогою логарифмічної лінійки знаходять лише мантису числа, його порядок обчислюють в умі. Обчислення за допомогою логарифмічної лінійки виробляються просто, швидко, але приблизно – зазвичай це два-три десяткові знаки. Тому вона не годиться для точних розрахунків, наприклад, фінансових.

Тема 2.5. Арифметичні машини

Мета: сформувати уявлення про перші арифметичні машини та принцип їх роботи.

План:

1. Прообрази арифметичних машин.
2. Обчислювач Паскаля (1642).

3. Машина Лейбніца (1673).
4. Арифмометри (1818).

Прообрази арифметичних машин

Арифметичні машини призначалися до виконання найпростіших математичних операцій. Рисунок приблизно першого десяткового автоматичного підсумовуючого пристрою було знайдено на роботах Леонардо да Вінчі (1452–1519) 1967 р. (рис. 2.10). Пристрій складався з 13 коліс із десятьма зубцями, числа представлялися у вигляді кутового положення осі або колеса, а поворот одного колеса викликав поворот сусіднього у пропорції 1:10. Невідомо, чи замислювалася машина для підсумовування, але за подібною схемою надалі почали розроблятися рахункові машини.

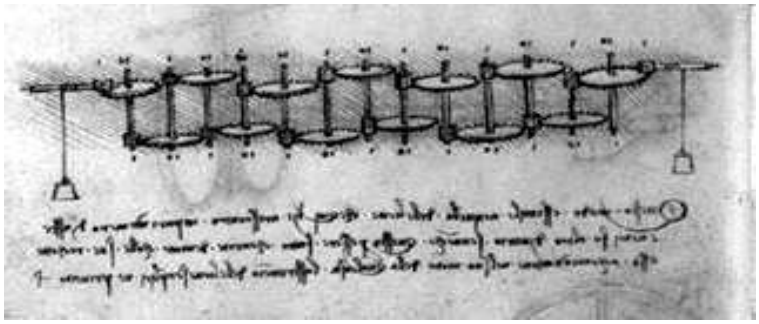

Рис. 2.10. Підсумовуючий пристрій да Вінчі

Автором другої обчислювальної машини вважається Вільгельм Шиккард (1592-1635), у листуванні якого з астрономом Кеплером 1957 р. було знайдено ескіз машини. Судячи з листування, Шиккард конструював лічильну машину для складання, віднімання та множення. Машина поділялася на три блоки - підсумовування, множення та проміжного зберігання, складалася з 11 десятизубих, 6 однозубих коліс і оперувала з 6-розрядними числами. У 1624 р. вона згоріла у пожежі. Згадки про роботи да Вінчі та Шиккарда були знайдені лише у XX столітті, тому їхні ідеї не вплинули на розвиток обчислювальної техніки.

Обчислювач Паскаля (1642)

Блез Паскаль (1623–1662) в 1645 року представив счётную машину, виконує додавання і віднімання і призначену полегшення праці батька – збирача податків. У своїй машині Паскаль використовував пронумеровані шестерні. Потрібну цифру встановлювали, повертаючи колесо на горизонтальній осі доти, доки відповідний цифрі зубець не з'являвся у віконці. Для додавання колесо поверталося на відповідне число зубів, при повному повороті десятки переходили наступне колесо.

Звістка про лічильну машину сприймалася як диво. У 1649 р. Паскаль отримав королівський привілей, який встановлював його пріоритет у винаході і закріплював за ним право виробляти і продавати машини, але виробництво тривало всього 3 роки, тому що машина могла тільки складати і віднімати, і то важко. Вона так залишилася придворною іграшкою та широкого визнання не отримала. Було випущено кілька десятків екземплярів машини – з дерева, з міді, зі слонової кістки та ін.

Машина Лейбніца (1673)

Лейбніц (1646–1716) у 1673 р. удосконалив машину Паскаля, розділивши його на рухому та нерухому частину, а також ввівши в конструкцію ступінчастий циліндр («колесо Лейбніця»). Це дозволило реалізувати операції множення та поділу, оскільки рухома частина грала роль акумулятора, який накопичував проміжні результати, що утворюються при порозрядному множенні. Через ступінчастий механізм множення та поділу машина отримала назву «Ступінчастий обчислювач». Вона дозволяла також обчислювати коріння. Для приведення машини в дію оператор мав обертати ручку, пов'язану з віссю машини. Приводом, що спонукало Лейбніца до створення машини для обчислень, стало знайомство з астрономом Гюйгенсом. Астрономам доводилося виконувати величезний обсяг обчислень, і Лейбніц говорив, що «негідно обдарованій людині витрачати, подібно до раба,

Виріб Лейбниця також не став масовим – по-перше, час попиту на подібні механізми ще не настав, по-друге, механізм роботи був далеким від оптимального, сам Лейбніц витратив майже 40 років на його вдосконалення. Проте багато математиків почали будувати машини на кшталт машини Паскаля чи Лейбніца, хоча вони так само були масовими. У Росії така машина була створена в 1770 Євно Якобсоном.

Арифмометри (1818)

Арифмометр – це настільний цифровий механічний обчислювач, що випускається, на відміну попередників, серійно. Перші комерційно успішні лічильні машини - 2, 4, 11 і 14-розрядні арифмометри - створив у 1774 р. Філіп-Малтус Хан, який продав невелику кількість таких моделей. До XIX століття технологія точної обробки металів досягла значних успіхів, став можливим масовий випуск арифмометрів. Це зробив 1818 р. К. Томас, який модернізував машину Лейбніца і почав серійний Випуск. Було випущено велику кількість моделей різних фірм і конструкцій, розквіт посідає 1950-ті роки, у СРСР арифмометри застосовувалися до 1980-х. Крім повністю «ручних» арифмометрів випускалися і «автоматичні», які самостійно виконували складні операції, такі як множення та розподіл.

Введення чисел в арифмометрах застосовувалося послідовне (введення цифр числа по порядку зліва направо, як у мікрокалькуляторах) і паралельне (цифри вводяться незалежно один від одного, як у машині Паскаля). Пристроєм виведення був лічильник (кілька коліс з цифрами – вертикальними і горизонтальними), в арифмометрі їх було два – лічильник підсумовування та лічильник прокручування. Лічильник прокручування показував кількість зроблених поворотів ручки арифмометра (кількість умовних додавань/віднімань).

Тема 2.6. XIX століття. Провісники цифрової обчислювальної

техніки

Мета: сформувати уявлення про перші кроки в створенні цифрової електронної обчислювальної машини.

План:

1. Ткацький верстат Жаккарда (1801).
2. Аналітична машина Ч. Беббіджа (1830-ті).
3. Логіка Буля (1854).
4. Статистична машина Холлеріта (1890).

XIX століття відзначено кількома подіями, що стали першими кроками на шляху створення цифрової електронної обчислювальної техніки. Це початок програмування за допомогою перфокарт, поява засобів обробки перфокарт, розробка універсальної цифрової обчислювальної машини та створення двійкової логіки.

Ткацький верстат Жаккарда (1801)

Жозеф Марі Жаккард (1752-1834), син ліонського ткача, винаходив ткацький верстат з 1790 і представив його в 1801 р. Через три роки він повіз свою машину в Париж, де автомати Жака Де Вокансона навели його на остаточну конструкцію станку 1808 року. Наполеон Бонапарт надав Жаккарду право стягнення премії в 50 франків з кожного верстата його конструкції, що діє у Франції. 1812 року у Франції працювало 18 тисяч верстатів Жаккарда.

У цих верстатах для завдання візерунка на тканині використовувалися отвори металевих пластинах. Гачки проходили через отвори в пластинах і простягали вниз нитки основи, внаслідок чого човник проходив над певним чином вибраними нитками. Це дозволяло наносити малюнок на тканину без участі людини. Пластини вважаються прообразом перфокарт, а сам верстат – першою не лічильною програмованою машиною.

Верстат Жаккарда відноситься до тих винаходів, які перевернули життя багатьох людей, залишивши їх без роботи та засобів до існування, що і призвело до повстання ліонських ткачів (1831, 1834).

Аналітична машина Ч. Беббіджа (1830-ті)

Початок ери комп'ютерів у тому вигляді, в якому вони існують зараз, пов'язаний із Чарльзом Беббіджем, який у 30-х роках XIX століття запропонував ідею обчислювальної машини, здійснену лише в середині XX століття. На думку про побудову технології обчислень Бебіджа наштовхнули роботи Гаспара де Проні, який знайшов алгоритмічні та методологічні підходи для зведення складних обчислень до рутинних операцій.

Беббідж виявив похибки в таблицях логарифмів і спочатку звернув увагу, що машина може без помилок виконувати обчислення великих математичних таблиць у вигляді простого повторення кроків. Працюючи над цією проблемою, в 1822 році Беббідж запропонував проект «різницевої машини» для обчислень шляхом апроксимації функцій багаточленами, що дозволяла обчислювати значення багаточленів до шостого з точністю до 18-го знака. Для повторення операцій на машині передбачалося використання енергія пари. Замість запланованих 3-х років через складність реалізації робота зайняла 9 років і була завершена лише частково.

Незавершеність першої роботи також пов'язана з тим, що Бебіджа зацікавила нова ідея – створення універсальної
«аналітичної машини», здатної виконувати широке коло завдань. Ця машина мала робити одне додавання на секунду і працювати без втручання людини. Працювала машина за принципом млина: на
"складі" зберігаються числа - "зерна", які через "воронку" надходять до "млина", що робить арифметичні операції. А із «жолоба» висипається

«мука» – результат. Для зберігання чисел на складі використовувалися колеса Паскаля, об'єднані в регістри, по десять у кожному. Для передачі чисел зі "складу" на "млин" використовувалися зубчасті рейки. Передбачалося зберігання у пам'яті 1000 слів, кожне слово – 50 десяткових розрядів.

Але "склад" і "млин" - це ще не автоматична машина. Було ще керуючий пристрій, який працює за набором інструкцій, записаних у вигляді певної послідовності дірочок на перфокартах. Таким чином машина Беббіджа була першою програмованою лічильною машиною. Перфокарти являли собою прямокутні картки з картону і були двох типів - маленькі керуючі карти розміром 13,0×5,5 см і великі для зберігання чисел, розміром 18,5×7,0 см.

Перший докладний опис винаходу зроблено у 1842 році італійським військовим інженером Луїджі Федеріко Менабреа у статті
«Нарис Аналітичної машини, винайденої Чарльзом Беббіджем», опублікованій французькою мовою. Стаття була перекладена англійською Адою Августою Лавлейс і видана з великими коментарями у 1843 р. (обсяг коментарів становив 50 сторінок при обсязі статті 20 сторінок). У коментарях, підготовлених спільно з Беббіджем, Ада Лавлейс пояснює принцип роботи машини та розглядає кілька прикладів – знаходження коренів рівняння та розрахунок лінійної та тригонометричної функцій.

Аналітична машина, що складається більш ніж з 50000 компонентів, так і не була побудована, тому що у Беббіджа не вистачило грошей на її будівництво, а люди не вірили в цю витівку, називаючи її
«Дивоцтвом Беббіджа». Проте ідеї, закладені Бэббіджем, вплинули в розвитку обчислювальної техніки. Це автоматизація обчислень, універсальність обчислювальної машини, набір внутрішніх інструкцій, загальна конструктивна схема, організація введення та виведення інформації, складання програм, цикли та змінні. Беббіджа, в якій пара та шестерні замінені електрикою та реле. Укладачка коментарів Ада

Лавлейс, яка створювала своїми роз'ясненнями основи програмування цифрових ЕОМ, названа першим програмістом, на честь неї названа мова програмування збройних сил НАТО - Ада (1975 р.).

Логіка Буля (1854)

У 1854 році Джордж Буль опублікував роботу «Дослідження законів мислення, що базуються на математичній логіці та теорії ймовірностей», яка поклала початок алгебрі логіки, або булевій алгебрі. Буль першим показав, що існує аналогія між алгебраїчними та логічними діями, так як і ті, й інші припускають лише два варіанти відповідей – істина чи брехня, нуль чи одиниця. Він придумав систему позначень і правил, користуючись якими можна було закодувати будь-які висловлювання, та був маніпулювати ними як звичайними числами. Булева алгебра мала у своєму розпорядженні три основні операції - І, АБО, НЕ, які дозволяли виробляти додавання, віднімання, множення, розподіл і порівняння символів і чисел. Таким чином, Булю вдалося остаточно сформулювати основи математичної логіки та докладно описати двійкову систему числення.

Спочатку алгебра була розроблена Булем як звичайна на той час алгебра, а не як дедуктивна система в пізнішому значенні. Звідси і збереження всіх арифметичних операцій, у тому числі віднімання та поділу, які було важко витлумачити логічно. Алгебра логіки Буля була значно спрощена та вдосконалена Джевонсом, який відмовився від використання операцій віднімання та поділу. Така система алгебри згодом і отримала назву «бульової алгебри».

У 1937 році Клод Шеннон показав, що існує відповідність між концепціями булевої логіки та деякими електронними схемами, які отримали назву «логічні вентилі» та стали основою сучасної цифрової техніки.

Статистична машина Холлеріта (1890)

У XIX столітті помітною стала необхідність вирішення нових соціально-економічних завдань, пов'язаних з обробкою великих обсягів інформації (насамперед у сферах обліку та статистики). Існував жарт, чому переписи населення називають десятирічними – тому що обробка результатів займає 10 років.

Американець Герман Холлеріт побудував статистичний табулятор (від лат. tabula - дошка, таблиця) з метою прискорити обробку результатів перепису населення. Можливо, він був знайомий з ідеями Беббіджа і Жаккарда, але до цієї ідеї його підштовхнула робота кондукторів, які відзначають компостером у спеціально відведених місцях на квитку підлогу, колір волосся та очей пасажирів. Табулятор підсумовував дані, нанесені на карту, за 40 складними комбінаціями одночасно і не вимагав пересортування, що неминуче при ручному підрахунку.

Після успішного використання при переписі 1890, коли дані обробилися втричі швидше, сфера застосування табуляторів стала розширюватися. Машина Холлерита мала великий успіх, на її основі було створено підприємство, яке у 1924 році перетворилося на фірму IBM – найбільшого виробника обчислювальної техніки.

Машина Холлерита визнана першою електромеханічною лічильною машиною з програмним керуванням (рахунок і сортування здійснювалося під керуванням електричних імпульсів, що виникають залежно від отворів у перфокартах), хоча частина роботи виконувалася вручну (заповнення перфокарт та їх подача).

Зрозуміло, при розробці машини для складання таблиць перепису Холлеріт не думав про інформатику та глибокі проблеми обробки даних. Водночас його машина не лише вважала, а й виконувала вибіркове сортування (це вже елемент інформаційного пошуку). А прикладним внеском Холлерита в обчислювальну техніку стало створення та вдосконалення цілого сімейства пристроїв вводу/виводу. Крім того, у

Холлерита є чому вчитися – він використовував найновішу техніку, але підходив до вирішення проблем із максимальною простотою та легкістю для розуміння.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 2:

1. Автоматизовані системи керування технологічними процесами : підручник для вищих навч. закл. / І. О. Фурман [та ін.] ; заг. ред. І. О. Фурман. - Х. : Факт, 2006. - 317 с.

2. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало [та ін.]. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

3. Білик В. М., Костирко В.С. Інформаційні технології та системи: Навч. Посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 232с.

4. Білак Ю.Ю. Системи числення: методичні рекомендації з базової теми дисципліни «Інформатика» / Ю.Ю. Білак, Л.Я. Данько-Товтин. – Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2015. – 24 с.

5. Ващук О.М., Нелюбов В.О. Історія обчислювальної техніки та будова комп’ютера. – Ужгород: вид-во ЗакДУ, 2006.

6. Войтюшенко Н.М., Остапець А.І. Інформатика і комп’ютерна техніка: Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 568с.

7. Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації : навч. посібник / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. – 208 с.

8. Діордієв В. Т. Засоби автоматизації електротехнічних комплексів: навчальний посібник / В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов, С. В. Дубініна, Г. В. Новіков. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2020. – 220 с.

9. Діордієв В. Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК / В. Т. Діордієв. – Сімферополь: Доля, 2004. – 136 с.

10. Інформатика та комп’ютерна техніка: Навчальний посібник / За заг. ред. к.е.н., доц. М.В. Макарової. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2007. – 642 с.

11. Інформатика 10 клас.: Й.Я. Ривкінд, Т.І.Лисенко, Л.А.Черникова, В.В. Шакотько – К.: “Генеза”, 2018 с.146.

12. Інформатика та комп’ютерна техніка: Навчальний посібник / За заг. ред. к.е.н., доц. М.В. Макарової. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2007. – 642 с.

13. Кириченко В. В.\. Арифметика // Енциклопедія Сучасної України : енциклопедія [електронна версія] / ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001. Т. 1.

14. Мартиненко І. І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко [та ін.]. - К.: Навчальний посібник, 2008. – 303 с.

15. Радюк Л. Алгоритм перекладу в двійкову і з двійкової системи числення. / / Наука і життя. 2005. № 1.

16. Обладнання для автоматизації [Електронний ресурс]. – URL: http://www.owen.ua.

17. СВ Альтера[Електронний ресурс]. – URL: www.svaltera.ua.

18. Семчук А.Р., Юрченко І.В. Інформатика: Навчальний посібник. – 5-у вид. – Чернівці: МВІЦ «Місто», 2006. – 424с.

19. ТОВ «Віром»[Електронний ресурс]. – URL: virom.com.ua.

20. ТОВ «Микрол»[Електронний ресурс]. – URL: www.microl.ua.

21. Чешун В.М., Чешун Т.І. Подібність двійкової та десяткової систем числення в ознайомленні з основами електронно-обчислювальної техніки // Вісник Хмельницького національного університету. №4, 2009, с. 254-260.

22. Ярмуш О.В., Редько М.М. Інформатика і комп`ютерна техніка. - К.: Вища школа, 2006.

23. http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/5178/3/prohramy_ 2013_ Informatika. pdf.

24. http://uk.wikipedia.org/wiki/Індо-арабська_система_числення.

25. http://uk.wikibooks.org/wiki/Системи_числення.

РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК ОБЧИСЛЮВАЛЬВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВІД СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН ДО УНІВЕРСАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Тема 3.1. Основні обчислювальні завдання початку XX ст.

Мета: сформувати уявлення щодо розвитку обчислювальної техніки на початку XX ст.

План:

1. Астрономічні розрахунки та навігація.
2. Кораблебудування.
3. Статистика, економіка та бухоблік.
4. Ядерна фізика.
5. Балістичні розрахунки.
6. Криптографія.

Астрономічні розрахунки та навігація

Астрономія та навігація ставили обчислювальні завдання з давніх-давен. Згодом інтенсивність і значущість морських сполучень значно зросла. Той самий Беббідж, створюючи «різницевий обчислювач», отримав фінансування саме під складання морехідних таблиць (зазвичай це таблиці множення, логарифмів, синусів, косінусів, і навіть різноманітні таблиці результатів астрономічних і навігаційних вимірів і спостережень). Розширилося і коло інтересів астрономії, одним із обчислювальних досягнень якої стало передбачення карликової планети Плутона щодо збурень орбіти Нептуна та Урана (кінець XIX ст.).

Кораблебудування

Поряд з астрономією та навігацією, починаючи з XVIII ст. особливо потребували точних розрахунків корабельні науки. Вони вимагали розрахунку стійкості та зусиль, що виникають у конструкції корабля при

качці, визначення «ходкості» та стійкості корабля під вітрилами, розрахунку навантажень на конструкції корабля від віддачі знарядь і т. д. Ще наприкінці XVIII ст. було створено багато алгоритмів для вирішення практичних завдань, але обчислення цих алгоритмів були надзвичайно трудомісткі. Рубіж XIX і XX століть додатково ознаменувався «гонкою морських озброєнь» (зупиненої лише Вашингтонськими угодами в 1922 р.), коли нові броненосці в момент спуску на воду вже виявлялися морально застарілими. Саме розрахунку корпусів судів О.М. Крилов у 1904 р. створив один із перших аналогових комп'ютерів.

Статистика, економіка та бухоблік

Спочатку статистика оберталася навколо потреби держави знати демографічні та економічні параметри суспільства. До XX століття обсяг дисципліни став розширюватися, й у середині століття статистичні розрахунки вже використовувалися, наприклад, для створення ядерної бомби (метод Монте-Карло).

На початок XX століття припадають і спроби математичного опису економіки - праці основоположників (Сміта, Рікардо) аналізуються математичними методами, створюються нові економічні теорії (Кейнс). Швидке зростання монополій та збільшення втручання країн у економіку ставлять завдання ведення бухгалтерського та податкового обліку у великих масштабах.

Ядерна фізика

Створення США ядерної бомби зажадало проведення значного обсягу математичних розрахунків через неясність щодо оптимального способу підриву бомби та характеру її вражаючого чинника (вибухової хвилі), ускладненою нестачею радіоактивних матеріалів та відсутністю часу для багаторазових випробувань. Після успішного застосування бомби США завдання СРСР щодо створення власної зброї суттєво

спростилося, оскільки залишилися переважно інженерні завдання. Але подальша технологія водневої бомби знову зажадала повноцінного математичного моделювання.

Балістичні розрахунки

Спроби опису моделі польоту снаряда робилися з часів винаходу гармат, але через неповноту моделей та складності розрахунків балістичні таблиці, що дозволяють вибрати кут вертикального наведення зброї за заданих умов, тривалий час складалися виключно шляхом випробування знарядь на полігонах.

До кінця XIX століття розвиток аеродинаміки дозволив знайти досить точний математичний опис сил, що діють на тіло, що рухається з великою швидкістю в повітрі, а також розроблено чисельний метод інтегрування диференціальних рівнянь, що дозволяв із заданою точністю вирішувати балістичні рівняння. Залишалася лише проблема обсягу самих обчислень. Для розрахунку однієї траєкторії необхідно було виконати щонайменше 750 операцій множення, потім кваліфікований фахівець з арифмометром витрачав близько 3 днів, а кожної комбінації зброї та снаряда потрібно 2–4 тис. таких розрахунків.

Найяскравіше недоліки систем наведення при їх застосуванні у новітньому озброєнні показала ракета «Фау-2». Оснащена автономною гіроскопічною системою управління, приладами для вимірювання швидкості та першим у світі бортовим комп'ютером, вона виявилася неефективною у застосуванні та справляла швидше психологічний ефект. Так, у коло діаметром 10 км потрапила лише половина запущених ракет.

У середині століття проблема великої кількості обчислень особливо гостро постала перед США, які рухалися шляхом
«пасивного» наведення виходячи з певних вхідних даних (швидкість та напрямок вітру, маса снаряда тощо). У цьому способі грає роль швидкість і точність розрахунку, і майже всі перші комп'ютери працювали над

упорядкуванням балістичних таблиць. СРСР на той момент пішов шляхом «активного» способу наведення, коли в снаряді розташована аналогова система наведення, що коригує траєкторію вже в повітрі. Тому деякий час використання обчислювальних машин вважалося зайвим.

Криптографія

У XIX і на початку XX століть кілька факторів сприяли розвитку криптографії. Першим чинником були детективні історії, такі як «Золотий жук» Едгара По або «Танці чоловічки» Конан Дойля, в яких фігурували закодовані повідомлення і хвилювали уяву багатьох читачів. Другим фактором став винахід телеграфу та абетки Морзе. Абетка Морзе була першою двійковою виставою алфавіту, яка набула широкого поширення. Однак у той час складні шифри застосовувалися не часто, оскільки вимагали багато часу та сил для кодування та декодування. Також великий вплив мали швидкозростаючі фондові біржі, банки та монополії, що створювали попит на способи конфіденційної передачі відомостей у великих обсягах.

У першу світову війну в ряді країн було розроблено роторні шифрувальні машини, які дозволяють легко кодувати та декодувати текст, використовуючи складний шифр. Сама собою ідея роторного шифрування відома з часів античності, коли було винайдено шифр Цезаря, заснований заміні однієї літери іншою буквою за певним правилом. Однією з перших машин, що практично використовуються, стала німецька Enigma, розроблена в 1917 році. У модернізованому варіанті вона була використана в Німеччині (загальний тираж близько 100 тис. прим.), а в різних модифікаціях була доступна для комерційного застосування.

Американці під час Другої світової війни мали власну дуже потужну версію 15-дискового шифратора Sigaba. Усього було випущено до 10 тис. пристроїв Sigaba, які протрималися на озброєнні до кінця 50-х років. У Великій Британії вироблявся шифратор Турех, власний аналог

Enigma. Роботи зі створення механізованих шифраторів велися і в СРСР, створена апаратура забезпечувала шифрування, яке вважалося абсолютно надійним, але випускалося незрівнянно малими тиражами (на момент початку ВВВ на озброєнні стояло близько 250 комплектів).

Роторні системи дозволяли продавати дуже стійкі шифри. Через це під час Другої світової війни головний метод дешифрування кодів ґрунтувався на крадіжці ворожої шифрувальної машини. По-справжньому математичного рішення, що вимагає великих обсягів обчислення, вимагала розшифровка системи зв'язку вищого німецького командування Лоренц, що призвела до створення обчислювальної машини Колос. До 50-х років стало ясно, що жоден із механічних шифраторів не витримує атаки, організованої за допомогою високопродуктивного комп'ютера.

Тема 3.2. Аналогові обчислювальні машини

Мета: розглянути та проаналізувати перші аналогові обчислювальні машини та принцип їх роботи.

План:

1. Аналогова обчислювальна машина
2. Інтегратор Кельвіна (1876)
3. Диференціальний аналізатор Буша (1931)
4. Гельмут Хельцер, "Mischgerät" (1943)

Аналогова обчислювальна машина

Аналогова обчислювальна машина (АВМ) - пристрій, що замінює значення обчислюваних змінних фізичними величинами, що ведуть себе аналогічно вихідним величинам, при цьому підсумкова фізична величина буде відповідати і може бути виміряна. Зазвичай АВМ кожному миттєвому значенню вихідної величини ставить у відповідність миттєве значення іншої величини, що часто відрізняється від вихідної величини фізичною природою та масштабним коефіцієнтом. Кожній елементарній

математичній операції над машинними величинами, як правило, відповідає деякий фізичний закон, що встановлює математичні залежності між фізичними величинами на виході та вході вирішального елемента (наприклад, закони Ома та Кірхгофа для електричних ланцюгів, вираз для ефекту Холла, сили Лоренца тощо) пневматичними, гідравлічними, електромеханічними, електронними.

Незважаючи на простоту програмування АВМ і порівняно велику швидкість роботи, сфера застосування дуже вузька через обмежену точність і малу універсальність, оскільки для вирішення іншого класу завдань потрібно змінювати структуру машини. Але історично аналогові машини з'явилися раніше за цифрові.

До першого аналогового обчислювального пристрою зазвичай відносять логарифмічну лінійку. Наступний різновид аналогових обчислювальних пристроїв - графіки та номограми. Вони вперше зустрічаються в посібниках з навігації в 1791 р. У 1814 р. був винайдений планіметр, призначений для визначення площі, обмеженою замкнутою кривою на площині, пізніше Дж. Томсон винайшов інтегруючий обчислювач.

Подальший розвиток механічних інтегруючих машин пов'язані з роботами У. Буша, під керівництвом якого було створено механічна інтегруюча машина (1931), та був її електромеханічний варіант (1942). У 1935 р. радянський інженер М. Мінорський запропонував ідею електродинамічного аналога. Базовими пристроями АВМ є суматор, інтегратор, диференціатор та підсилювач.

АВМ застосовуються до теперішнього часу, причому не тільки у вигляді газових та гідравлічних вентилів – їх друге народження пов'язане з винаходом у 1940-і операційних («вирішальних») підсилювачів, які використовують як аналогову величину напругу.

Інтегратор Кельвіна (1876)

Початок робіт над аналоговими обчислювальними машинами можна віднести до кінця XIX століття, коли Джеймс Томсон розробив планіметр, в якому використовувався інтегратор з кулею та диском, а його брат, Вільям Томсон (лорд Кельвін), застосував цей інтегратор в аналізаторі гармонік та провісник морських припливів, що розкладає зміни рівня води за гармоніками. Так інтегратор став першою механічною аналоговою обчислювальною машиною.

Інтегратор Кельвіна складається зі скляного диска, що обертається, і маленького сталевого колеса, яке ребром ковзає і обертається по поверхні скляного. Кутова швидкість колеса залежить від кутової швидкості диска та відстані x від центру диска до точки торкання. Якщо відстань x змінюється як функція часу x(t), то кут колеса в даний момент представляє інтеграл функції x(t), який далі може бути переданий на індикатор стрілки, самописець, променеву трубку або на наступний каскад інтеграторів.

Диференціальний аналізатор Буша (1931)

Об'єднавши в одному комплексі кілька інтеграторів Кельвіна, 1931 р. Венівар Буш створив «вирішувач диференціальних рівнянь», або диференціальний аналізатор, який видавав результати обчислень у графічному вигляді і здатний вирішувати рівняння до шостого порядку. Диференціальний аналізатор Буша понад десять років широко застосовувався у різних галузях, зокрема військової. З його допомогою, наприклад, визначалися точки, куди потрібно навести ствол зброї, щоб снаряд збив літак.

З погляду техніки диференціальний аналізатор не був нічого принципового нового і нагадував великий радіотехнічний конструктор. І коли англійці вирішили піти стопами Буша і побудувати свій аналізатор, вони скористалися деталями зі звичайних дитячих конструкторів і

досягли цілком задовільних результатів.

У 1942 р. Буш створив 100-тонний монстр "Диференціальний аналізатор Рокфеллера" з передовим для свого часу введенням інформації з перфострічки, який пропрацював з повним навантаженням усю війну.

Спостереження за роботою аналізатора дозволило Вінеру, який на той час розробляє основи кібернетики, запропонувати для керування вже цифрову, а не аналогову машину. Також варто відзначити, що за 4 роки до створення аналізатора Буш спробував створити машину, «здатну самостійно думати», але вперся у технологічні проблеми. Незважаючи на адміністративну зайнятість, ідею не залишив і в 1945 р. опублікував роботу «Як ми можемо мислити», в якій запропонував прообраз гіпертекстового пристрою Memex.

Гельмут Хельцер, "Mischgerät" (1943)

Аналоговий інтегратор послужив основою першого бортового комп'ютера. 1935 року німецький інженер Гельмут Хельцер (Helmut Hoelzer, 1912–1996) вигадав електронний диференціатор, аналог інтегратора Кельвіна. У 1939 р. на запрошення головного конструктора німецької ракетної техніки Вернера фон Брауна його відрядили на секретну базу в Пенемюнді, де займався створенням бортового комп'ютера «Mischgerät» (нім. «змішаний обчислювач») для ракети "Фау-2" (V-2, від нього. Vergeltungswaffe - "зброя відплати"). То справді був електронний, але з цифровий, а аналоговий комп'ютер, призначений на вирішення рівнянь балістики. Крім адаптації диференціатора до управління польотом, Хельцер застосував його й у створення симулятора польоту.

Тема 3.3. Теоретичні засади електронних обчислювальних машин

Мета: сформувати систематизовані знання з теоретичних засад електронних обчислювальних машин, розглянути їх перші варіації.

План:

1. Машина Посту (1936).
2. Машина Тьюринга (1936).
3. Клітинний автомат Неймана (1948).

Основи побудови електронних обчислювальних машин у тому сучасному розумінні було закладено у 30–40-ті роки XX століття. Так, поняття «алгоритму» незалежно було розроблено математиками А. Т'юрінгом (Великобританія), Е. Постом (США) та А.А. Марковим (СРСР). Для уточнення цього терміна стосовно обчислень Т'юрінг і Пост запропонували «абстрактні обчислювальні машини». Обидві ці роботи велися також незалежно, машини були запропоновані у 1936 році (у травні та жовтні відповідно), вони еквівалентні, але машина Поста відрізняється більшою простотою. Нормальний алгоритм Маркова було запропоновано 1940-х і ліг основою логічного програмування.

Машина Посту (1936)

Складається з каретки (зчитує та записує головка) і розбитої на секції нескінченно стрічки, кожна секція стрічки або порожня (0), або позначена міткою (1). За крок каретка може зрушити на одну позицію убік, рахувати, поставити або видалити мітку в тому місці, де вона стоїть. Робота машини задається програмою, команд всього 6 (зсув праворуч, зсув ліворуч, запис мітки, видалення мітки, умовний перехід по мітці, зупинка).

Машина Тьюринга (1936)

Складається з нескінченної стрічки, розбитої на комірки, і керуючого пристрою, що переміщається стрічкою, читає і записує в комірки символи деякого алфавіту. Керуючий пристрій здатний перебувати в одному з безлічі станів (кількість станів звичайно і точно задано), і працює згідно з правилами переходу, які і представляють алгоритм, реалізований даною машиною.

Кожне правило переходу наказує машині, в залежності від поточного стану q_i і спостерігається в поточній клітині символу aj, записати в цю клітину новий символ aj1, перейти в новий стан qi1 і перемістится на одну клітинку вліво або вправо. Деякі стани машини Тьюринга можуть бути позначені як термінальні, і перехід у будь-яке означає кінець роботи, зупинку алгоритму. Для початку роботи необхідно вказати кінцевий та початковий стани, початкову конфігурацію на стрічці та розташування головки машини. Можна сказати, що машина Тьюринга є найпростішою обчислювальною машиною з лінійною пам'яттю.

Машина Тьюринга є розширенням кінцевого автомата, що описує шляхи зміни стану об'єкта в залежності від його поточного стану та вхідних даних, за умови, що загальна можлива кількість станів звичайно. Машина Тьюринга здатна імітувати інші виконавці (за допомогою завдання правил переходу), які реалізують процес покрокового обчислення, в якому кожен крок обчислення досить елементарний.

Від машини Тьюринга походить і поняття «повноти за Тьюрингом», що означає можливість реалізації в обчислювачі будь-якої функції, що обчислюється.

Тьюрінг показав, що немає «чудесної машини», здатної вирішувати всі математичні завдання. Але, продемонструвавши обмеженість можливостей, він на папері побудував те, що дозволяє вирішувати дуже багато, що тепер називається словом «комп'ютер». Хоча машина

Тьюринга не стала реально діючим пристроєм, вона до теперішнього часу постійно використовується як основна модель для з'ясування сутності таких понять, як «обчислювальний процес», «алгоритм», а також для з'ясування зв'язку між алгоритмом та обчислювальними машинами.

Клітинний автомат Неймана (1948)

Фон Нейман, залучений в 1947 р. до створення обчислювальних машин, став розробляти теорію автоматів, що самовідтворюються, і універсальних обчислювальних машин. Такі машини лише на рівні блок-схеми близькі до машини Тьюринга, які функціонування багато в чому аналогічно процесу відтворення живої клітини. Нейман довів цю загальну схему до детальної логічної конструкції, ввівши уявлення про клітинний автомат, який складається з необмеженої кількості повторюваних кінцевих автоматів-перемикачів, кожен з яких взаємодіє зі своїми сусідами. Такі ідеалізовані перемикачі із затримками були отримані з ідеалізованих нейронів, мали кілька збуджуючих та гальмівних входів, граничне число та одиничну затримку.

У спрощеному вигляді кожен кінцевий елементарний автомат на кожному такті перебуває в одному з кінцевих станів ri і має два вхідних канали: лівий і правий (рис. 3.3). По кожному з них на такті t надходить за одним станом з r. Стан елементів в момент часу t визначають конфігурацію всього автомата. Функціонування автомата Неймана – це перехід стану k(t) до стану k(t+1), k(t+2) тощо.

Застосування опису обчислювальних машин ідеалізованих перемикаючих елементів дозволило при конструюванні відокремити етап логічного синтезу від синтезу відповідних електричних ланцюгів.

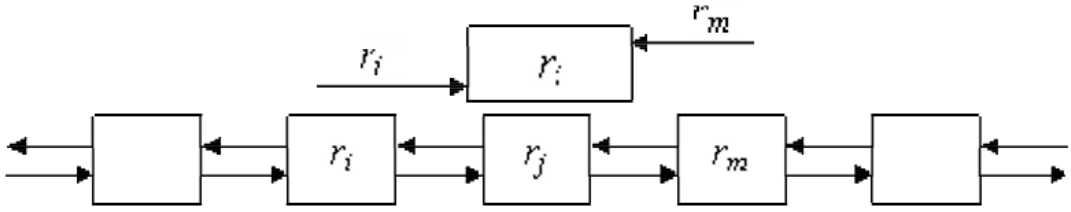

Рис. 3.1. Елементарний кінцевий автомат(вгорі)та автомата Неймана

Також фон Нейман розробляв методи автоматичного програмування, а разом із Германом Голдстейном (Herman Goldstine) запровадив блок-схеми, що полегшують перехід від математичного опису обчислень до програми, складеної в машинних кодах.

Тема 3.4. Електромеханічні обчислювальні машини

Мета: розглянути та проаналізувати електромеханічні обчислювальні машини та принцип їх роботи.

План:

1. Конрад Цузе, Z1-Z3 (1938-1941).
2. Harvard Mark I (1941).

На початку XX століття на зміну зубчастим колесам приходять електричні елементи і перший з них – реле. У 30-ті роки XX століття на базі реле відбувається розвиток та вдосконалення рахунково-аналітичної техніки. Поряд з табуляторами фірма IBM починає серійний випуск розмножувальних перфораторів (для додавання, віднімання та множення) та обчислювальних перфораторів (для виконання чотирьох арифметичних дій). Розробляються стрічкові перфоратори, вступні пристрої для автоматичного запису показань різних приладів, підсумкові перфоратори і т. п. У другій половині 30-х років у Німеччині та США починається робота над проектами універсальних обчислювальних машин із програмним управлінням для виконання складних розрахунків. Перша така машина, Z3, була створена німецьким інженером Конрад Цузе в 1941 р. (Робота над проектами автоматичних обчислювальних машин велася з 1935 р.). У 1939 р. Г. Айкен (Гарвардський університет, США) очолив роботу над проектом Mark-1 і в 1944 р. завершив розробку машини. З 1938 роботу над автоматичними цифровими машинами на контактних реле веде Дж. Стібіц (фірма «Bell», США). Результатом робіт стало

створення 1939–1944 гг. кількох спеціалізованих машин та потужної універсальної машини Bell-V, яка була закінчена у 1946 р., вже після побудови першого комп'ютера. З одного боку, релейні машини мали малу надійність через самі реле, в яких були механічні частини, що труться і обертаються, через що вони швидко ламалися. З іншого боку, незважаючи на ненадійність і великий шум, вони працювали і дуже непогано і були витіснені лише до 60-х. Наприклад, РВМ-1, сконструйована СРСР у середині п'ятдесятих років, могла виконувати 1250 множень за хвилину і складалася з п'яти з половиною тисяч реле.

З початком Другої світової війни уряди різних країн почали розробляти обчислювальні машини, усвідомлюючи їхню стратегічну роль у веденні війни. Збільшення фінансування значною мірою стимулювало розвиток обчислювальної техніки. В 1941 Цузе розробив обчислювальну машину Z2, що виконувала розрахунки, необхідні при проектуванні літаків і балістичних снарядів. 1943 року англійські інженери завершили створення обчислювальної машини для дешифрування повідомлень німецької армії, названої «Колос». Проте ці пристрої були універсальними обчислювальними машинами, вони призначалися на вирішення конкретних завдань.

Конрад Цузе, Z1-Z3 (1938-1941)

Конрад Цузе (Konrad Zuse, 1910–1995) працював на літакобудівному заводі Хеншеля (Henschel) і щоразу, зустрічаючись із друзями, скаржився, що працює зі статистикою і робить вдень десятки тисяч одноманітних обчислень. Він замислювався про машину, яку треба було тільки запрограмувати на певну проблему, а далі вона працювала б сама.

Розмірковуючи про таку машину, Цузе досить чітко і раніше за інших сформулював саму ідею програм, що зберігається в пам'яті. Ось що він пише в заявці на патент від січня 1936, якого так і не отримав:

«У представленому винаході механічні реле комбінуються з послідовною логічною системою, де можуть зберігатися довільні специфікації, наприклад, числа. Такі можливості, особливо у галузі обчислювальних машин (Rechenmaschinen), відіграють певну роль. Вони також можуть бути використані для зберігання інших специфікацій, зокрема інструкцій працюючих машин (релейна пам'ять), комбінацій букв (телеграфна пам'ять), кодування алфавіту (шифрувальні машини) або подібних речей».

У 1938 р. Цузе створив механічну обчислювальну машину Z1, яка стала першим програмованим комп'ютером з булевою логікою та двійковою арифметикою з плаваючою комою. У 1940 році він отримав підтримку Дослідницького інституту аеродинаміки, який використав його роботу для створення керованих ракет. Завдяки їй 1941 р. Цузе побудував доопрацьовану версію обчислювача – Z2, з урахуванням телефонних реле. У тому ж 1941 році Цузе створив ще більш досконалу модель Z3, яку сьогодні багато хто вважає першим комп'ютером, що реально діяв програмованим. Втім, програмованість цього двійкового обчислювача, зібраного, як і попередня модель, на основі телефонних реле також була обмеженою. Незважаючи на те, що порядок обчислень тепер можна було визначати заздалегідь, умовних переходів і циклів не було. Тим не менш, Z3 першим серед обчислювальних машин Цузе отримав практичне застосування та використовувався для проектування крила літака.

Основними параметрами Z3 були тактова частота 5,3 Гц, можливість виконання чотирьох арифметичних дій і вилучення кореня, оперування зі словами довжиною 22 біта. Складання та множення виконувалося за 0,8 та 3 секунди. Машина складалася з 2600 реле (з яких 600 в арифметичному блоці та 2000 у пам'яті), споживала 4 кВт та важила близько тонни. Програма запроваджувалась за допомогою телеграфної стрічки. Сама машина була Т'юрінг-повною, хоч і не повністю електронною.

Про роботи Цузе у передвоєнні роки стало відомо лише у 1972 р.,

коли вийшла його робота «Der Plankalkül», присвячена першій мові програмування Plankalkül (1945 р.).

Harvard Mark I (1941)

У 1937 році гарвардський математик Говард Айкен (Howard Aiken), вражений різницевою машиною Беббіджа, запропонував проект створення великої лічильної машини на електромеханічних реле. Спонсорував роботу президент компанії IBM Томас Вотсон (Tomas Watson), який вклав у неї 500 тис. доларів. На той час компанія IBM почала робити перші кроки до створення комп'ютерів і вже винайшла повністю електронний множник на вакуумних лампах. Але Ейкен як елементну базу вибрав реле, проігнорувавши величезне збільшення швидкості обчислень, яке можна досягти за допомогою електронних ламп. Помилковість цього рішення стала очевидною, зокрема завдяки самому Ейкену. На думку М. Вінера, «тоді в нього була дивна примха, що змушувала його вважати роботу з механічним реле моральною та розумною, а використання електронних реле – справою, нікому не потрібною і морально неохайною».

Проектування Mark I почалося в 1939 р., будівництво завершилося в 1941 р., а в 1944 машина була офіційно передана Гарвардському університету. Комп'ютер містив близько 750 тис. деталей, 3300 реле, понад 800 км дротів, важив близько 4,5 тонни, а синхронізація модулів здійснювалася механічно 15-метровим валом.

Через використання електромеханічних реле Mark I був досить повільною машиною, виконуючи додавання за 3 секунди, множення – за 6, та розподіл – за 15 секунд. Фактично він був великим арифмометром, що замінював працю приблизно 20 операторів. Однак він керувався за допомогою програми, яка вводилася з перфострічки, що відображалося в назві, даній IBM - "Automatic Sequence Controlled Calculator". Це дозволило, змінюючи введену програму, вирішувати досить широкий клас математичних завдань.

Mark I мав 60 наборів 24-важелів перемикачів для ручного введення даних і міг зберігати 72 слова, кожен у вигляді 23-значних десяткових чисел. Формат команд наступний - 24 канали вхідної стрічки ділилися на 3 поля по 8 каналів. Усі акумулятори, набори перемикачів, регістри вводу/виводу та арифметичних пристроїв мали свій унікальний номер. Перше поле було кодом приймача даних, друге – джерела даних. Третє поле було кодом операції. За підсумками випробування Mark I було побудовано ще кілька екземплярів Mark II, продуктивність яких була вищою вп'ятеро. У 1952 р. було випущено повністю електронну модель Mark IV.

Машина застосовувалася у військових цілях для розрахунку артилерійських таблиць, також завдяки їй розшифрували секретні коди, що використовувалися в радіопередачах німецької армії. Застосоване в машині роздільне розміщення програми (на перфострічці) та даних (на релейних лічильниках) дало назву "гарвардській" архітектурі процесорів.

Тема 3.5. Електронні обчислювальні машини

Мета: сформувати систематизовані знання про електронні обчислювальні машини.

План:

1. Атанас і Беррі, ABC (1941).
2. Colossus (1943-1944).
3. ENIAC (1945).
4. Порівняння продуктивності.
5. Вітчизняні комп'ютери.
6. "Перший" комп'ютер.

Атанас і Беррі, ABC (1941)

Перший проект електронної цифрової обчислювальної машини було розроблено Джоном Атанасовим (США), який у 1937 році сформулював, а

у 1939 році опублікував остаточний варіант своєї концепції сучасної машини. Машина призначалася на вирішення систем лінійних рівнянь.

Замість механічних пристроїв Атанасов вирішив застосовувати електронні перемикачі, за допомогою яких мали виконуватися функції управління та арифметичні операції. У цьому сенсі належить першість. До цього жодна машина, призначена на вирішення складних математичних завдань, була заснована на електроніці. Він також переконався, що його цифрова машина повинна оперувати двійковими числами і що операції над цими числами будуть здійснюватися відповідно до правил логіки, а не прямого підрахунку. Атанасов вирішив і важливу приватну проблему, що стосується застосування як запам'ятовуючі елементи комп'ютера конденсаторів. Проблема полягала в тому, що конденсатори поступово втрачають свій заряд, і Атанасов обійшов цю скруту, застосувавши періодичну регенерацію заряду.

Будівництво машини велося Атанасовим та його єдиним помічником, аспірантом Кліфордом Беррі у 1939–1941 рр., машина отримала назву ABC (Atanasoff Berry Computer). На завершальному етапі розробники зіткнулися з проблемою в системі введення-виведення на перфокартах, яка почала помилятися приблизно раз на кожні 10 тис. операцій читання чи перфорування. Вони намагалися вирішити цю відносно нескладну технічну проблему, але друга світова війна, що почалася, змусила їх кинути роботу над комп'ютером. Після війни Атанас залишився на флоті і до комп'ютерів не повернувся.

Спочатку внесок Атанасова у розвиток обчислювальної техніки не цінувався, хоча Мочлі, майбутній автор ENIAC, в 1941 р. був у гостях у Атанасова і був ознайомлений з ABC. Ця історія спливла через 30 років, коли в 1971 р. одна фірма опротестувала патент на ENIAC. Позивачам вдалося довести, що ідеї ENIAC були запозичені від раніше створеного ABC.

Colossus (1943-1944)

Попередником проекту Colossus у дешифрації є розроблена за участю Тьюринга «Бомба» (the Bombe), яка дозволила з середини 1940 року розшифровувати всі кодовані повідомлення Люфтваффе.

Тоді ж, 1940 р., вперше було перехоплено незвичайні сигнали, що передаються у вигляді шифрованих кодів Бодо. Пізніше з'ясувалося, що це повідомлення системи зв'язку вищого командування Вермахту «Lorenz», зашифровані ключем додаванням по модулю 2. Після перехоплення 1941 р. помилкового повторного повідомлення було розроблено математичну теорію декодування і розпочато роботу зі створення механічних засобів декодування. Механічний перебір відрізнявся ненадійністю, а реалізувати синхронізацію перфострічок, необхідну порівняння двох повідомлень, на швидкості 1000 символів на секунду було неможливо. Інженер Томмі Флауерс запропонував використовувати електронні лампи та очолив проект зі створення машини на їх основі, названий Colossus.

Проектування нової машини почалося влітку 1943, а вже в січні 1944-го Mk 1 Colossus був запущений в експлуатацію. Він складався з 1500 лампових тріодів, тиратронів та фотопомножувачів, розміщених у п'яти стійках загальною довжиною 5,5 метрів та понад 2 метри заввишки. У стійках було змонтовано тиратронні ланцюги, що емулювали обертання дисків Lorenz. Архітектура Colossus дозволяла обробляти перфострічку із шифрованим повідомленням зі швидкістю 5 тис. символів за секунду, і на один цикл обробки середнього повідомлення витрачалося не більше секунди. У ньому вперше з'явилися регістри зсуву та систолічні матриці, що забезпечують паралельну обробку 5 каналів стрічки. Також машини припускали паралельний режим роботи. Це дозволило оперативно отримувати інформацію про рішення верховного командування Вермахту, хоча спочатку мало хто вірив,

Colossus був побудований на цифрових електронних схемах, але можливість перепрограмування була частковою та обмежувалася

імітацією механічних дисків Lorenz. Тобто. машина була спеціалізованою, і не мала повноту по Тьюрингу. Крім того, всього було створено 10 таких машин, які після війни було знищено, а сам проект засекречено. Інформація про Colossus стала доступною лише в 1970-х роках. і не мала істотного впливу на хід розробки перших комп'ютерів.

ENIAC (1945)

У 1940 р. Джон Мочлі (John W. Mauchly) знайомиться з роботою Атанасова над ABC, публікує невелику п'ятисторінкову записку під назвою "Використання пристроїв на вакуумних лампах для обчислень", а в 1942 р. спільно з Джоном Екертом (John P. Eckert) пропонують свій проект ENIAC (Electronical Numerical Integrator and Calculator). У 1943 р. можливостями виконання розрахунків на ENIAC зацікавилася балістична дослідницька лабораторія Армії США (Ballistic Research Laboratory, BRL), і в тому ж році під керівництвом Мочлі та Еккерта почалося будівництво машини. У 1945 р. машина ENIAC була введена в дію, а в лютому 1946 р. проект було розсекречено, і відбулася перша публічна демонстрація. В ENIAC'і електромеханічні реле були замінені на електронні вакуумні лампи, що дало приріст у швидкості приблизно 1000 разів.

ENIAC важив 30 тонн, складався з 18 тисяч електронних ламп, 1500 реле та десятків тисяч інших радіоелементів. Кількість ламп було достатньо, щоб скептики могли передбачити, що вона нормально не функціонуватиме. Продуктивність була 5000 операцій складання або 385 операцій множення за секунду. Загальна вартість машини склала $750 тис., споживана потужність близько 200 кВт, вага 27 тонн, а простір – 63 м2. Для порівняння, Mark 1 важив 4,5 тонни, коштував $500 тис., споживав 4 кВт і займав 10 $м_2$.

ENIAC оперувала 10-розрядними десятковими числами, що зберігаються в 20 акумуляторних модулях. Для зберігання одного десяткового розряду потрібно 36 ламп, 10 з яких утворювали кільцевий

регістр тригерів (подвійних тріодів). Під час обчислень підраховувалися імпульси, що генеруються при «прокручуванні» регістра, що емулював поворот колеса арифмометра. Машинний цикл складався з 20 машинних тактів, тому частоті 100 кГц продуктивність становила 5000 простих операцій на секунду.

Введення чисел у машину проводилося за допомогою перфокарт, а програмне керування послідовністю виконання операцій здійснювалося за допомогою 6000 перемикачів та набору з'єднувальних кабелів. Такий спосіб програмування займав до двох днів, але дозволяв реалізовувати рахункові здібності ENIAC і тим вигідно відрізнявся від способу програмної перфострічки, характерного для релейних машин.

ENIAC став працюючим прообразом сучасного комп'ютера. По-перше, ENIAC був повністю електронним, по-друге, повністю був заснований цифровій обробці інформації, по-третє, ENIAC став справді універсальною обчислювальною машиною. Спочатку задуманий для статистичного прогнозу погоди, він створювався для розрахунку балістичних таблиць, а після створення вирішував також завдання, пов'язані з розробкою ядерної та водневої бомби, використовувався у космічних дослідженнях та інших галузях. Його машинний час часто надавалися стороннім університетам та дослідницьким центрам для тих чи інших наукових розрахунків.

Основний період експлуатації припав на період 1948-1955 років. (1946 і 1947 роках ENIAC працював вкрай нерегулярно, постійно виходив з ладу), потім ENIAC був демонтований, т.к. був дуже дорогий в експлуатації, набагато дорожче, ніж нові комп'ютери ORDVAK або EDVAC. За спогадами Еккерта, перегорання ламп траплялося приблизно раз на два дні, а тривалий беззбійний період роботи не перевищив 5 днів.

ENIAC радикально відрізнявся не тільки від обчислювальних машин, що передували йому, але також сильно відрізнявся і від машин, створених після нього. Від останніх він відрізнявся використанням

кількох напівавтономних обчислювальних вузлів, що працюють одночасно напівнезалежно, і винятковим застосуванням електронних ламп для оперативної пам'яті. Наступні моделі будувалися за іншими архітектурними принципами, а замість електронних ламп для оперативної пам'яті стали застосовувати ртутні лінії затримки та електронно-променеві трубки, що дозволило суттєво збільшити обсяг пам'яті, а також зменшити кількість використовуваних в машинах ламп.

Порівняння продуктивності

Для порівняння продуктивності перших обчислювальних машин наведемо такі дані. При розрахунку балістичних таблиць розрахунок траєкторії, що займає інженера 20 годин, диференціальний аналізатор Буша виконував за 15 хвилин, а ENIAC – за 30 секунд. У цьому диференціальний аналізатор давав приблизні результати, уточнення яких залучалися десятки людей, які працювали зі звичайними арифмометрами.

Вітчизняні комп'ютери

Поява комп'ютерів СРСР пов'язані з академіком С.А. Лебедєвим. Розробляючи роки війни аналогові логічні елементи для систем стабілізації стволів і торпед, 1945 р. Лебедєв створив першу СРСР аналогову електронну обчислювальну машину на вирішення систем диференціальних рівнянь. У 1950 р. був створений МЕСМ – Макет Електронно-Рахункової Сашини (або «Мала ЕСМ»), що стала першим у континентальній Європі комп'ютером з підтримкою концепції програми, що зберігається. МЭСМ застосовувалася на вирішення завдань у сфері термоядерних процесів, космічних польотів, ракетної техніки та далеких ліній електропередачі. У 1953 р. була випущена БЭСМ - Швидкодійна (або Велика) Електронно-Рахункова Машина, яка в рік випуску виявилася найшвидшою в Європі.

За деякими свідченнями, двійкові обчислення цікавили Лебедєва ще

до війни, і якби не вона – робота над створенням обчислювальної машини з використанням двійкової системи числення почалася б раніше.

"Перший" комп'ютер

Єдиної думки щодо того, що вважати «першим» комп'ютером не існує. "Першими" можуть вважатися більше десятка моделей:

- Ткацький верстат Жаккарда (1801) – перша не лічильнапрограмована машина;
- Analytical Engine Беббіджа (1834) – перший програмований комп'ютер (спроектований);
- Машина.Тьюринга (1936) – першатеоретична Модельобчислювальної машини, що працює за алгоритмом;
- Z3 Цузе (1941) – перший програмований цифровий комп'ютер (працюючий);
- ABC Атанасова та Беррі (1942) – перший спеціалізований електронний цифровий комп'ютер;
- Mischgerät Хельцера (1943) – перший бортовий комп'ютер;
- Colossus Флауерса (1943) – перший електронний комп'ютер (Великобританії);
- Harvard Mark I Айкена (1944) – перший програмованийкомп'ютер (у США);
- ENIAC Екерта і Мочлі (1946) – перший електроннийпрограмований комп'ютер (США);
- Manchester SSEM Baby Кілбурна (1948) – перший комп'ютер із програмою, що зберігається (Великобританія);
- BINAC Еккерта і Мочлі (1949) – перший комп'ютер зі збереженою програмою (у США);
- МЕСМ Лебедєва (1950) – перший комп'ютер з зберігаєтьсяпрограмою (у СРСР та континентальній Європі).

Причин плутанини у пріоритеті та датах створення комп'ютерів відразу кілька. По-перше, який момент вважати датою створення комп'ютера: коли виникла ідея, коли її було опубліковано, коли щось із задуманого почало працювати, або коли комп'ютер був зданий у дослідну експлуатацію? По-друге, про який комп'ютер йдеться: аналоговий чи цифровий, (електро)механічний чи електронний, спеціалізований чи універсальний? По-третє, що взагалі розуміти під комп'ютером? Чи повинен він відповідати певним критеріям і де проходить межа між витонченим калькулятором, обчислювальною машиною та комп'ютером?

Ця плутанина на рівні назв помітна у багатьох країнах. У СРСР тривалий час використовували терміни «електронна лічильна машина», «електронна обчислювальна машина» (ЕОМ), і з початку 80-х їх витісняє термін «комп'ютер». У 1930-1940-і роки слово «computer» зазвичай означало людину, яка провадить обчислення, а також будь-який тип машини, що механізує обчислення. У фундаментальної роботі Алана Тьюринга «Про обчислювані числа» (1936) слово «комп'ютер» використовується виключно позначення людини, а 1950 р. Т'юринг вже використовує для ясності терміни human computer і digital computer. Після 1945 р. термін «комп'ютер» став вживатися дедалі частіше, причому майже завжди у сенсі автоматичного електронного цифрового комп'ютера із внутрішньої пам'яттю для програм (automatic electronic digital computer with internal program storage).

Першим комп'ютером було вирішено вважати ENIAC, а обчислювальні машини його епохи пізніше були віднесені до першого покоління комп'ютерів.

Список використаної та рекомендованої літератури до розділу 3:

1. Анопрієнко О.Я. Grid-технології: розвиток, моделювання та перспективи постбінарного комп’ютінгу / Анопрієнко О.Я., Дзьоба В.В.,

Конопльова Г.П., Аль-Абабнех Х. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика і обчислювальна техніка». Випуск 10 (153). – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – С. 324-327.

2. Бєсов Л. М. Інформатика України: історичний нарис / Л. М. Бєсов, Г. Л. Дзвонкова, О. О. Подгаєцький // Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди: серія «Історія та географія». – 2012. – Вип. 46. – С. 128-132.

3. Воронкін О.С. Розвиток комп'ютерних технологій підтримки навчання студентів вищих навчальних закладів України (друга половина 50-х – початок 90-х років XX ст.) / О.С.Воронкін // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – Том 39. – № 1. – С. 17-45.

4. Жабін С.О. Етапи становлення історичної інформатики в світі та Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://oldconf. neasmo.org.ua/node/599 69. Жабін С.О. Історичні аспекти правового регулювання процесів інформатизації в Україні / С.О.Жабін // Нариси з історії природознавства і техніки. – 2012. – вип. 46. – С. 29-45.

5. Мікропроцесорна техніка [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності «Електроніка» / В. Я. Жуйков, Т. О. Терещенко, Ю. С. Ямненко, А. В. Заграничний ; НТУУ «КПІ» ; ред. О. В. Борисов. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,28 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 440 с http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18969 .

6. Музей історії комп'ютерної науки та техніки в Україні: https://web.archive.org/web/20130102223518/http://www.icfcst.kiev.ua/MUSEUM/.

7. Ріжняк Р.Я. Становлення та розвиток інформатики та кібернетики на Україні в другій половині XX – на початку XXI століття: історіографія проблеми / Р.Я.Ріжняк // Етнічна історія народів Європи: Збірник наукових праць – Київ, 2014. – Випуск 43. – С. 142-149.

8. Сергієнко І.В. Наукові ідеї академіка В.М. Глушкова та розвиток сучасної інформатики / І.В.Сергієнко // Вісник Національної академії наук України. – 2008. – № 11. – С. 35-60. – № 12. – С. 9-29.

9. Сергієнко І.В. Нечіткі інформаційно-діагностичні технології: проблеми становлення / І. Сергієнко // Вісник Національної Академії наук України. – 2002. – № 7. – С. 21-28.

10. Сергієнко І.В. 50 років української інформатики : доп. акад. НАН України І.В.Сергієнка / І.В.Сергієнко // Вісник Національної Академії наук України. – 2002. – № 3. – С. 10-17.

11. Сергієнко І.В. Ідеї В.М. Глушкова у контексті інформатизації суспільства / І.В.Сергієнко // Вісник Національної Академії наук України. – 2003. – № 10. – С. 51-57.

12. Сергієнко І.В. Інформатика в Україні: становлення, розвиток, проблеми / І.В.Сергієнко. – К.: Наукова думка, 1999. – 354 с. 370. Сергієнко І.В. Інформатика та комп'ютерні технології / І.В.Сергієнко. – К.: Наукова думка, 2004. – 432 с.

13. Сергієнко І.В. Академік Глушков і його справа [Текст] / І.В.Сергієнко // Дзеркало тижня. – 2003. – № 31 (серпень). – С. 11.

14. Сергієнко І.В. Інформаційне суспільство в Україні: проблеми розвитку і функціонування / І.В.Сергієнко // Дзеркало тижня. – 2011. – № 26 (16–22 липня). – С. 13.

15. Сергієнко І.В. Провісник інформаційного суспільства. До 90-річчя з дня народження академіка В. Г. Глушкова / І.В.Сергієнко // Дзеркало тижня. – 2013. – № 32 (вересень). – С. 11.

16. Сергієнко, І.В. Економічна кібернетика: проблеми розвитку та перспективи застосування / І.Сергієнко // Вісник Національної Академії наук України. – 2002. – № 2. – С. 13-20.

17. Центр інформаційних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка (історична довідка) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.lnu.edu.ua/itdl/history.html.

18. Шаран Р.В. Провідні тенденції розвитку дистанційної освіти в Україні / Р.В.Шаран // Збірник наукових праць Хмельницького інсти- 434 туту соціальних технологій Університету «Україна». – 2012. – № 5. – С. 220-224.