

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ТЕХНОЛОГІЙ



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
*Анатолій ПОЛУХІН*

« 02 » 02 2023 р.

## ДОДАТКОВА ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Гарант освітньо-наукової програми

Ігор ЖУКОВ

Київ – 2023

## ПЕРЕДМОВА

Додаткова програма та вступний іспит зі спеціальності є важливою ланкою системи державної атестації наукових та науково-педагогічних кадрів.

Екзаменованій має показати високий рівень теоретичної та професійної підготовленості, знання загальних концепцій і історії розвитку, глибоке розуміння основних розділів, а також вміння використовувати свої знання для розв'язання дослідних та прикладних завдань у галузі комп'ютерних систем та компонентів.

В основу програми покладені наступні навчальні дисципліни: «Дискретна математика», «Цифрова схемотехніка», «Автоматизація наукових досліджень», «Програмне конструювання», «Комп'ютерна логіка», «Системи вимірювання та датчики», «Новітні операційні системи», «Мікропроцесорна техніка», «Створення застосувань Internet».

### **Програма включає такі напрямки:**

Історія розвитку ЕОМ, систем, мереж та їх компонентів.

Математичні, арифметичні та логічні основи обчислювальної техніки.

Архітектура ЕОМ та принципи обробки інформації.

Обчислювальні системи.

Обчислювальні мережі.

Теоретичні основи побудови компонентів.

Компоненти ЕОМ, систем та мереж.

Програмне забезпечення ЕОМ та мереж.

Проектування ЕОМ, систем та мереж.

Надійність ЕОМ, систем та мереж.

Захист інформації в системах та мережах.

Інформаційно-вимірювальні системи та їх компоненти.

### **1. Історія розвитку ЕОМ, систем, мереж та їх компонентів**

1.1. Етапи розвитку засобів обчислювальної, керуючої та вимірювальної техніки та їх компонентів. Класифікація Фліна.

1.2. Цифрові та аналогові ЕОМ: основні принципи побудови та організації обчислювального процесу.

1.3. Класифікація ЕОМ за різними ознаками. Таблиця параметрів обчислювальних систем TOP-500.

1.4. Розвиток інтегральних технологій, закон Мура та фізичні обмеження розвитку кремнієвих технологій.

1.5. Нові технології створення компонентів та структур ЕОМ (оптичних, кріоелектронних, біотехнологій та ін.). Закони Гроша, Амдала та ін.

### **2. Математичні, арифметичні та логічні основи обчислювальної техніки**

2.1. Множина. Алгебраїчні та теоретико-множинні операції над множинами. Унарні, бінарні та тернарні відношення. Властивості відношень: рефлексивність, симетричність та транзитивність. Відношення еквівалентності. Класи еквівалентності та індекс відношення еквівалентності. Відношення толерантності. Відображення. Ін'єктивні та бієктивні відображення. Функція, функціонал, предикат. Потужність множини.

Поняття алгебри. Одноосновні та багатоосновні алгебри. Система алгоритмічних алгебр В.М. Глушкова. Подання алгоритмів у системах алгоритмічних алгебр.

2.1. Алгоритмічна універсальність ЕОМ. Машина Тьюринга.

2.2. Булеві функції. Означення булевої функції. Кількість булевих функцій  $n$  змінних та їх основні властивості. Булеві функції двох змінних. Теорема про розкладання булевих функцій за змінними. Принцип двоїстості, двоїсті формули. Диз'юнктивна та досконала диз'юнктивна нормальна форма функції. Кон'юнктивна та досконала кон'юнктивна нормальна форма функції. Повнота системи функцій. Поняття базису системи булевих функцій. Постановка задачі мінімізації булевих функцій. Спрощення диз'юнктивних нормальних форм та тупикові диз'юнктивні нормальні форми. Аналітичні методи мінімізації. Постановка задачі мінімізації в геометричній формі. Тупиковість на основі геометричних уявлень. Геометричні методи мінімізації. Карти Карно. Мінімізація неповністю визначених булевих функцій. Поняття комбінаційної схеми та її синтез. Приклади синтезу (комбінаційний суматор, перетворювач кодів тощо).

2.2. Теорія орієнтованих графів. Засоби задання графів: аналітичний, геометричний, матричний. Головні поняття орієнтованих графів: циклічність, ациклічність, зв'язність, шлях, цикл, дерево. Графи з насиченим та порожнім відношенням. Ізоморфізм та ізоморфне вкладення графів. Головні леми та теореми. Алгоритми визначення ізоморфізму графів та визначення ізоморфного вкладення графів. Теоретико-множинні властивості графів та операції над ними. Алгебраїчні властивості графів та операції над ними.

2.3. Теорія скінченних автоматів. Засоби задання автоматів: аналітичний, геометричний та матричний. Графоїд скінченного автомата та навантажене прадерево. Автомати I та II роду. Автомат Мілі та автомат Мура. Еквівалентність автоматів. Інтерпретація автомата Мура за допомогою автомата Мілі. Зображення подій у автоматах. Алгебра подій. Регулярний вираз, регулярна подія. Задання регулярних виразів у формі графів. Правила запобігання хибних шляхів у графах регулярних виразів. Аналіз скінченних автоматів. Алгебраїчні та теоретико-множинні операції над автоматами. Декомпозиція автоматів. Задача синтезу автоматів. Абстрактний та структурний синтез автоматів. Перша та друга теореми Кліні. Алгоритм синтезу автомата за регулярним виразом (алгоритм абстрактного синтезу автомата). Структурний синтез автоматів. Алгоритми структурного синтезу автоматів Мілі та Мура. Формування структурної таблиці автомата. Приклади структурного синтезу автоматів Мілі та Мура на різних елементах пам'яті та з комбінаційною частиною, виконаною у різних базисах. Рівняння функцій збудження тригерів. Структурні схеми автоматів. Програмна реалізація скінченного автомата на прикладі лексичного аналізатора мови програмування.

2.4. Подання інформації в ЕОМ. Системи числення. Способи представлення даних. Подання десяткових чисел та символічної інформації.

2.5. Організація виконання арифметичних та логічних операцій і способи їх прискорення.

### **3. Архітектура ЕОМ та принципи обробки інформації**

3.1. Архітектура і структури ЕОМ, та варіанти їх архітектурно-структурної організації. Апаратні та програмні платформи ЕОМ, їх приклади.

3.2. Характеристики ЕОМ (продуктивність, надійність, достовірність обробки інформації, способи представлення інформації, ємність оперативного та постійного запам'ятовуючого пристрою та ін.).

3.3. КЕШ-пам'ять, VLIW-технології, застосування внутрішньої мови високого рівня.

3.4. Інтенсивні та екстенсивні структури ЕОМ (модель фон-Неймана-Лебедева, ЕОМ з зосередженими та розосередженими апаратними засобами, ЕОМ з програмованою структурою, архітектура «процесор в пам'яті»).

3.5. Формування, вилучення, представлення та опрацювання знань в комп'ютерних системах. Основні визначення способів керування знаннями. ЕОМ для роботи з алгебрами складних структур даних, лексикографічні системи, текст-процесінг.

3.6. Нейронні мережі. Архітектурні особливості та функціональні можливості.

### **4. Обчислювальні системи**

4.1. Різновиди обчислювальних систем та обчислювальних комплексів. Класифікації Фліна, Ерлангера, Шора та ін.

4.2. Багатомашинні та багатопроцесорні системи. Особливості побудови та використання.

4.3. Проблемно-орієнтовані системи: знання-орієнтовні, матричні, асоціативні та інші системи.

4.4. Географічно розподілені системи: призначення та принципи організації. Метакомп'ютери та GRID-системи, архітектурно-структурна організація та особливості застосування.

4.5. Системи з реконфігурованою структурою. Принципи організації, особливості проектування та застосування.

### **5. Обчислювальні мережі**

5.1. Концепція відкритої системи. Приклади відкритих систем. Еталонна модель взаємодії відкритих систем OSI. Основні функції кожного рівня моделі OSI. Семирівнева архітектура. Функції рівнів та їх взаємодія. Послуги, протоколи, інтерфейси.

5.2. Фізичні середовища передавання даних та їх порівняльні характеристики. Теорема Шеннона про взаємозв'язок смуги пропускання та перепускної спроможності каналу.

5.3. Технології комутації каналів, повідомлень та пакетів. Логічна та фізична структури мереж.

5.4. Мережі даних, що передаються (МПД). Архітектура МПД типів X.25, ISDN, Frame Relay, АТМ та ін. Міжнародні стандарти на МПД.

5.5. Локальні мережі: топологія, архітектура та структурна організація. Методи доступу в мережах типу Ethernet, Token Ring, FDDI, АТМ. Формати пакетів. Порівняння характеристик локальних мереж.

5.6. Корпоративні мережі. Функції, алгоритми та особливості концентраторів, мостів, комутаторів та маршрутизаторів. Типи маршрутизаторів та протоколи маршрутизації. Засоби захисту мережевого периметра.

5.7. Internet: архітектура та структурна організація. Стек протоколів TCP/IP. Формати пакетів, адресація та маршрутизація в IP-мережах. Технологія WWW, та її складові. Мова розмітки гіпертексту HTML. Зв'язок HTML з іншими мовами та технологіями програмування (SGML, XML). CGI-інтерфейс.

## **6. Теоретичні основи побудови компонентів**

6.1. Основи теорії моделювання. Поняття моделі, основні властивості моделей, класифікація моделей. Мови моделювання. Методи обробки результатів моделювання.

6.2. Елементи теорії лінійних електричних кіл. Основні закони і теореми. Методи аналізу лінійних електричних кіл: контурних струмів, вузлових потенціалів, матричний аналіз. Аналіз нелінійних електричних кіл.

6.3. Передавальні, перехідні та амплітудно-частотні характеристики. Аналіз швидкодії компонентів у часовій та у частотній областях. Методи аналізу стійкості.

6.4. Основні поняття експериментальних досліджень, спостереження, лічба, вимірювання, контроль, діагностика.

6.5. Фізичні величини та сигнали, їх математичний опис. Систематизація фізичних величин. Класифікація вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні і сумісні.

## **7. Компоненти ЕОМ, систем та мереж**

7.1. Цифрові компоненти

7.1.1. Типи вузлів та блоків сучасних ЕОМ, їх характеристики. Процесори ЕОМ, засоби пам'яті та керування обчислювальними процесами, пристрої вводу -виводу інформації.

7.1.2. Великі інтегральні схеми (ВІС). Типи та комплекти ВІС. Їх характеристики та технології виготовлення.

7.1.3. Логічні інтегральні схеми, що програмуються, особливості їх організації та використання.

7.1.4. Мікропроцесори: структура, внутрішні мови, типові операції та процедури. Приклади та характеристики сучасних  $\mu P$ .

7.1.5. Процесори цифрової обробки сигналів. Типи та характеристики.

7.1.6. Інтегральні схеми пам'яті. Види інтегральних запам'ятовуючих пристроїв (ЗП). ІС з довільною та послідовною вибіркою на біполярних та МДП транзисторах. Програмовані та перепрограмовані постійних ЗП. Порівняльна оцінка сучасних статичних та динамічних ЗП. ЗП на приладах із зарядним зв'язком, на циліндричних доменах, голографічні, кріоелектронні ЗП.

7.2. Аналогові та аналого-цифрові, цифроаналогові компоненти

7.2.1. Операційні підсилювачі (ОП). Аналіз схем ОП, їх основні параметри та характеристики. Температурний і часовий дрейфи. Методи компенсації дрейфу. Стійкість схем ОП, їх корекція.

7.2.2. Засоби вимірювальної техніки: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор. Основні параметри і характеристики.

7.2.3. Інструментальні підсилювачі, активні фільтри, перемножувачі і модулятори. Аналогові комутатори та схеми пам'яті. Синтезатори аналогових сигналів.

7.2.4. Давачі та перетворювачі. Тензочутливі елементи, термоелектричні перетворювачі, термопари. Оптиелектронні перетворювачі. Давачі Холла, магніторезистори, напівпровідникові квантові інтерферометри (СКВІД).

7.2.5. Цифроаналогові перетворювачі (ЦАП). Основні вузли, характеристики та параметри. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП прямого та компенсаційного перетворень. Сигма-дельта АЦП. Основні параметри та характеристики.

7.2.6. Похибки перетворювачів. Причини їх виникнення та їх оцінка. Методи математичного опису чутливості та точності засобів перетворення. Детермінований та імовірнісний методи оцінки похибок. Статичні і динамічні похибки перетворювачів.

## **8. Програмне забезпечення ЕОМ та мереж**

8.1. Асемблери та їх типи. Машинно-залежні та незалежні характеристики асемблерів. Транслятори з мов асемблера.

8.2. Операційні системи (ОС). Основні компоненти та загальні характеристики операційних систем та їх інтерфейсів. Сучасні програмні платформи UNIX, MS WINDOWS, LINUX, їхні особливості. Абстракція процесу та її призначення, стани процесу. Взаємодія процесів, графи розвитку процесів. Функції  $S(a,b)$  та  $P(a,b)$  для опису послідовної та паралельної взаємодії процесів, композиція цих функцій, вірно вкладені графи розвитку процесів. Приклади взаємодії процесів. Поняття критичної секції. Абстракція потоку та її призначення, стани потоку. Застосування потоків у мультизадачних операційних системах та системах реального часу. Методи синхронізації процесів та потоків. Ретроспективний аналіз інтерпретаторів команд shell: *sh, csh, tcsh, Korn shell, bash, POSIX shell*.

8.3. Мережеві ОС: архітектура та функціональні особливості, адміністрування. Безпека інформаційних ресурсів. Технологія архівного резервування. Простори розробки розосереджених прикладних програм Delphi, Informix, Oracle, Power Builder та ін.

8.4. Структури даних. Типові статичні та динамічні структури даних: стек, черга, список, дерево. Обхід двійкових дерев. Доступ до даних. Використання рекурсивних методів в програмуванні.

8.5. Технологія програмування. Поняття технології програмування. Елементи технології програмування та її складові. Основні технології програмування: модульне та структурне програмування, багаторівневий структурний синтез, CASE-технології. Технології створення застосувань у сучасних візуальних середовищах програмування.

8.6. Машинно-орієнтовані, проблемно-орієнтовані та універсальні мови програмування. Абетка, синтаксис та семантика. Способи опису мов програмування. Сучасні мови програмування: ANSI C 99, BORLAND-PASCAL, PERL.

8.7. Парадигма та принципи об'єктно-орієнтованого програмування. Визначення об'єкту та примірника об'єкту. Поля та методи об'єктів. Область дії полів об'єкту та параметр *self, this*. Інкапсуляція даних, спадкування та поліморфізм. Присвоювання об'єктів та передача їх як фактичних параметрів у процедури та

функції. Статичні методи об'єкту та їх властивості. Визначення віртуальних методів та їх властивості. Конструктори та таблиці віртуальних методів. Задання початкових значень об'єктів. Динамічні об'єкти та їх утворення. Звільнення об'єктів. Деструктори. Модулі, що експортують об'єкти. Приватна частина об'єкту. Тенденції розвитку інструментальних візуальних систем об'єктно-орієнтованого програмування. Сучасні мови об'єктно-орієнтованого програмування: C++, Java, C# та їх особливості.

8.8. Компіляція та її фази. Оптимізуючі компілятори.

## **9. Проектування ЕОМ, систем та мереж**

9.1. Системний підхід до проектування ЕОМ. Рівні та етапи проектування.

9.2. Завдання та методи проектування. Системне, функціональне, логічне, технічне та технологічне проектування. Основні задачі проектування апаратури на СБІС.

9.3. Системна інтеграція комп'ютерних засобів як розвиток системного підходу до проектування. Загальне поняття та визначення.

9.4. Основні технології проектування: багатоагентна технологія, Web-технологія та ін. Стратегія вибору сумісних апаратних та програмних засобів. Інтеграція різних апаратних та програмних платформ для побудови обчислювальних систем.

9.5. Моделювання для обґрунтування запропонованих технічних рішень. Мови опису апаратури (VHDL, Verilog та ін.).

9.6. Онтологія як інструмент проектування комп'ютерних систем.

9.7. Проектування функціональних блоків та елементної бази ЕОМ за допомогою САПР. Основні програмні комплекси САПР (Design Lab., OrCAD, PSpice та ін.)

9.8. Особливості проектування реконфігурованих комп'ютерних систем з використанням ПЛІС.

## **10. Надійність ЕОМ, систем та мереж**

10.1. Показники надійності ЕОМ, систем та мереж. Вплив параметрів елементної бази на показники надійності.

10.2. Методи та способи забезпечення високої достовірності обробки інформації.

10.3. Достовірність результатів обробки інформації в ЕОМ та мереж, в залежності від відмов та збоїв апаратури.

10.4. Апаратний автоматичний контроль ЕОМ та мереж для забезпечення достовірності обробки інформації.

10.5. Методи кодування інформації та їх застосування для підвищення надійності обробки інформації.

## **11. Захист інформації в системах та мережах**

11.1. Інформаційна безпека комп'ютерної обробки та зберігання даних. Основні задачі захисту інформації в комп'ютерних системах та мережах. Рівні інформаційної безпеки: захист комп'ютера, мережі та інформації (Compusec, Netsec, Infosec). Визначення безпеки як процесу.

11.2. Організаційні, програмні та апаратні засоби захисту інформації. Засоби обмеження доступу до інформації для захисту комп'ютерних систем та мереж від спроб несанкціонованого доступу.

- 11.3. Алгоритми та програми криптографічного шифрування даних. Спецпроцесори для криптографії. Засоби ідентифікації користувачів.
- 11.4. Комп'ютерні віруси, їх класифікація та розповсюдження, методи виявлення вірусів та засоби захисту від них. Найбільш розповсюджені пакети захисту від вірусів.
- 11.5. Авторське право (зокрема на програмне забезпечення) та засоби його захисту.

## **12. Інформаційно-вимірювальні системи та їх компоненти**

- 12.1. Основні визначення вимірювальної техніки за ГОСТ 16263-70: вимірювання, фізична величина, результат вимірювання, похибка вимірювання та її складові, класифікація методів вимірювання.
- 12.2. Засоби вимірювання та їх характеристики. Первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) та вторинні вимірювальні перетворювачі (ВВП), їх похибки. Мостові схеми ВП.
- 12.3. Цифрові вимірювальні пристрої (ЦВП). Вимірювачі частоти. Інтегруючі ЦВП. ЦВП розгортаючого перетворювання та слідкуючі ЦВП.
- 12.4. Мікропроцесорні засоби та системи автоматичних вимірювань.
- 12.5. Основні метрологічні характеристики ЦВП.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. - Луцьк. Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
2. Азаров О.Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. – 260 с.
3. Леонов С.Ю., Гладких Т.В., Загарій Г.І., Стасюк О.І. Автоматизоване проектування складних систем у комп'ютерній системотехніці. Ч. 1: навч. посібник. – Х.: ПП видавництво "Нове слово", 2012. – 287 с.
4. Михальов О.І., Крамаренко В.В., Михайловська Т.В. Організація баз даних та знань. – Навч. посібник з грифом МОНУ. – Дніпродзержинськ, 2010. – 253 с.
5. Михальов О.І., Крамаренко В.В., Ялова К.М., Новікова К.Ю. Структури даних та алгоритми. – Навч. посібник з грифом МОНУ. – Дніпродзержинськ, 2010. – 263 с.
6. D.Patterson, J.Hennessy. Computer Architecture. A Quantitative Approach. 6-th Edition. - MKP, Inc. 2017. - 1141 p.
7. Барабанов О.В. Системи автоматизованого проектування в радіоелектроніці, Підручник за редакцією академіка АПН України О.В. Третяка. – К.: ВПЦ „Київський університет”, 2007. – 140 с., 2005 р.
8. Бардаченко В.Ф., Колесницький О.К., Василюк С.А. Таймерні нейронні елементи та структури. Універсум-Вінниця: 2004. – 131 с.
9. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. та ін.Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. 2-е вид. Підручник. – К.: Вища шк., 2004.
10. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань та контролю. Навч. посібник. – Вінниця: ВЕЛЕС, 2001. – 219 с.



11. Глушков В.М. Кибернетика, вычислительная техника, информатика. Избранные труды. В 3-х т. – Киев: Наук. думка, 1990.
12. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. – М.: Наука, 1962. – 476 с.
13. Капитонова Ю.В., Кривий С.Л., Летичевский А.А., Луцкий Г.М., Печурин М.К. Основы дискретной математики: Підручник. Том.1. – 1-ше видання. – Київ: Видавництво ЛітСофт, 2000. – 380с.
14. Луцкий Г.М., Кривий С.Л., Печурин М.К. Основы дискретной математики: Навч. Посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 252с.
15. Палагин А.В., Опанасенко В.Н. Реконфигурируемые вычислительные системы: Основы и приложения. – Киев: Просвіта, 2006. – 280 с.
16. Погорілий С.Д.. Програмне конструювання. Підручник за редакцією академіка АПН України О.В. Третяка. – К.: ВПЦ „Київський університет”, 2007. – 440 с.
17. Погорілий С.Д., Калита Д.М. Комп'ютерні мережі. Підручник за редакцією академіка АПН України О.В. Третяка. – К.: ВПЦ „Київський університет”, 2007. – 456 с.
18. Райчев І.Е., Харченко О.Г., Замковий В.В. Принципи проектування відкритих розподілених систем. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Видавничий дом «Слово», 2010. – 520с.
19. Сергієнко І.В. Інформатика та комп'ютерні технології. – К.:Наук. думка, 2004. – 432 с.
20. Таланчук П.М., Скрипник Ю.О., Дубровний В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних і керуючих системах. – К.: Райдуга, 1994. – 672 с.
21. Тарасенко В.П., Маламан А.Ю., Черніченко Ю.П., Корнійчук В.І. Надійність комп'ютерних систем. – К., – 2007. – 256 с.
22. 1. Varabash O. Methods of self-diagnosis of telecommunication networks based on flexible structures of test connections / O. Varabash, N. Lukova-Chuiko, A. Musiyenko // Zborník príspevkov z medzinárodného vedeckého seminára „Riadenie bezpečnosti zložitých systémov“. 23 – 27 februára 2015. – Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, 2015. – Str. 226 – 231.
23. Обідін Д.М. Ознаки та критерії функціональної стійкості інтелектуалізованої системи автоматичного управління польотом літака. / Д. М. Обідін, О. В. Барабаш // Системи озброєння і військова техніка: Науковий журнал. – Х.: ХУПС, 2012. – № 1 (29). – С. 133 – 136.
24. Кучук Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення: монографія / Г.А. Кучук. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил, 2013. – 264 с.
25. Барабаш О.В. Побудова структури мережі передачі даних за критерієм максимуму функціональної стійкості // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць. – К.: Національний авіаційний університет, 2003. – Вип. 8. – С. 66 – 71.
26. Базилевич Л.Є. Дискретна математика у прикладах і задачах : теорія множин, математична логіка, комбінаторика, теорія графів. — Математичний практикум. — Львів, 2013. — 486 с.
27. Кривий С.Л. Дискретна математика. — Чернівці – Київ, «Букрек», 2017. 567 с.
28. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. і інші. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. 2-е вид. Підручник. К.: Вища шк., 2004.

29. Бабенко Л.П., Лавріщева К.М.. Основи програмної інженерії - К.: Знання, 2001, - 269 с.
30. Білас О. Якість програмного забезпечення та тестування: навч. посіб .- Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2011.- 216 с.
31. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. Навч. закл. – 2-е вид. доп. та перероблене.- К.:Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет",-2010,-226с.
32. Linda Null and Julia Lobur. The Essentials of Computer Organization and Architecture. - Jones and Bartlett Publishers. 2003. 673 p.
33. 4. Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. David Culler and J.P. Singh with Anoop Gupta . - MKP Inc., 1998. 1100 p.
34. 15. Hardware and Computer Organization. The Software Perspective By Arnold S. Berger. - Elsevier Inc. 2005. 513p.
35. Глухов В.С., Мельник А. О., Мельник В.А., Сало А.М. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. За редакції професора Мельника А.О. Львів. Магнолія-2006. 2019. – 230 с.
36. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А., Парамуд Я.С., Яцук В.О. Кіберфізичні системи: технології збору даних. За редакції професора Мельника А.О. Львів. Магнолія-2006. 2019. – 190 с.
37. Коркішко Т., Мельник А., Мельник В. Алгоритми та процесори симетричного блокового шифрування. – Львів: БаК, 2003. – 168с.
38. Мельник А.О., Мельник В.А. Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування. Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2012, 590 с.
39. Мельник А.О. Пам'ять із впорядкованим доступом. Львівська політехніка, 2014. – 330с.
40. Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos, Modern Operating Systems, 4th Edition, Pearson, 2015. - 1136 p. .