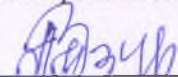


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
Фізичний факультет  
Кафедра прикладної фізики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан фізичного факультету

  
Лазур В.ІО

«23» травня 2024 року

**Робоча програма навчальної дисципліни**

**ОСНОВИ АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРІВ**


Освітній рівень: Перший (бакалаврський)  
Галузь знань: 10 Природничі науки  
Спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали  
Освітня програма: Прикладна фізика та наноматеріали  
Статус дисципліни: Вибіркова  
Мова навчання: Українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи архітектури комп'ютерів» для здобувачів вищої освіти галузі знань №10 «Природничі науки» спеціальності №105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньо - професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», 2024 р. – 12 с.

Розробник: к.ф.-м.н., Поп М.М.


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол № 11 від « 25 » квітня 2024 р.

Завідувач кафедри прикладної фізики  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від « 7 » травня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Рубіш В.В.

© \_\_\_\_\_, 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024

# 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5 семестр

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 120	3 - й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 3 самостійної роботи студентів – 3	1 - й	
	Лекції	
	36 год.	
	Практичні (семінарські)	
	-	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні	
	24 год.	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	60 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60 /60

для заочної форми навчання – відсутня

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання дисципліни є вивчення студентами основних питань побудови апаратної частини сучасних комп'ютерів різних класів. Приділена увага архітектурним рішенням, які прийняті при побудові як універсальних комп'ютерів, так і супер-ЕОМ, зокрема персональних комп'ютерів.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- **загальні компетенції (ЗК):** здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-1); навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-5); здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-6); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-7); здатність працювати в команді (ЗК-8); навички міжособистісної взаємодії (ЗК-9); - навички здійснення безпечної діяльності (ЗК-11).

- **фахові компетенції (ФК):** здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних (ФК-1); Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів. (ФК-2); здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження (ФК-4); здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК 5); здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (ФК-6); здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах (ФК-8).

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Основи архітектури комп'ютерів» є опанування таких навчальних дисциплін: «Учбова обчислювальна практика», «Технологічні основи електроніки», «Напівпровідникова електроніка», «Цифрова схемотехніка», «Фізика сенсорів та їх метрологічне забезпечення», «Функціональні пристрої на операційних підсилювачах».

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Основи архітектури комп'ютерів» вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	ПРН4
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики	ПРН5
Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.	ПРН6
Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики	ПРН7
Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію	ПРН9
Планувати й організовувати результативну професійну діяльність	ПРН10

індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів	
Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні	ПРН11
Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.	ПРН12

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Основи архітектури комп'ютерів»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики	ПРН1
Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.	ПРН2
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики	ПРН7
Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.	ПРН9

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.	ПРН1
Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.	ПРН2
Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії та прикладної фізики.	ПРН3
Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.	ПРН7
Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних та прикладних задач спеціальності.	ПРН9

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік. До заліку допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань;
- підсумкового семестрового контролю знань – екзамен.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					60	100
10	10	10	10						

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					60	100
10	10	10	10						

T1, T2, T3, T4 – теми

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття				
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	1	10	1	10
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні				
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	20	1	20
Презентація				
Реферат				
Есе				
...				
Модульна контрольна робота	1	70	1	70
<b>Разом</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною, становить 60 балів.

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Технологічні основи електроніки» здійснюється у виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: «зараховано», «незараховано».

Підсумкова оцінка «зараховано»/«незараховано» визначається наступними критеріями:

- оцінка «зараховано» виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, демонструє вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, демонструє здатність до мислення, кваліфіковано використовує набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

- оцінка «незараховано» виставляється тоді, коли студент не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
80-89 65-79	зараховано	B	добре
	зараховано	C	добре
55-64 50-54	зараховано	D	задовільно
	зараховано	E	задовільно
35-49	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено залік, заносяться до залікової відомості.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

**Модуль 1. Історія розвитку, класифікація, загальні принципи архітектури комп'ютерів.**

**Тема 1. Історія розвитку комп'ютерної техніки.** Ручні і механічні засоби обчислень раннього періоду. Інформаційні революції в історії. Історія розвитку комп'ютерної техніки.

**Тема 2. Класифікація комп'ютерів.** Технологічні і економічні аспекти. Класифікація комп'ютерів. Персональні комп'ютери. Ігрові комп'ютери. Робочі станції. X-термінали. Сервер. Мейнфрейм.

**Тема 3. Загальні принципи архітектури комп'ютерів.** Принципи побудови комп'ютера. Архітектура Фон Неймана. Принцип роботи машини фон неймана. Архітектура і структура ПК. Будова комп'ютера.

**Тема 4. BIOS.** Загальна інформація. Виробники BIOS. Різновиди інтерфейсу сучасної BIOS. Обновлення BIOS. Призначення та функції. Робота з BIOS Setup. POST-перевірка. Налаштування параметрів.

### Модуля 2 Основні складові компютерної техніки.

**Тема 5. Материнська плата.** Основні параметри. Форм фактор. Чіпсет. Інтерфейс процесора. Слоти і сокети. Тип оперативної пам'яті. Інтерфейси платформи. Основні компоненти. Друкована плата. Структурна схема СП. Вибір материнської плати.

**Тема 6. Мікропроцесор.** Функції мікропроцесора (МП). Класифікація мікропроцесорів. Архітектура мікропроцесорів. Параметри процесорів. Розрядність процесора. Режими процесора.

**Тема 7. Відеокарта.** Процесор відеокарти. Відеопам'ять. Прискорений Графічний Порт (AGP). Програмний інтерфейс АРІ. Цифро-аналоговий перетворювач. Відеорежими.

**Тема 8. Звукова карта.** Класифікація. Основні характеристики. Роз'єми. Принцип роботи звукової карти.

### 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин - 120					
	Форма навчання: денна					
	Усього 120	у тому числі				
Лекції 36		практичні (семінарські)	Лабораторні 24	індивідуальна робота	самостійна робота 60	
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Історія розвитку комп'ютерної техніки.	11	4				7
Тема 2. Класифікація комп'ютерів.	11	4				7
Тема 3. Загальні принципи архітектури комп'ютерів.	18	4		6		8
Тема 4. BIOS.	12	4		6		8
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	60	18		12		30
<b>Модуль 2</b>						
Тема 5. Материнська плата.	12	4				8
Тема 6. Мікропроцесор.	18	4		6		8
Тема 7. Відеокарта.	11	4				7

Тема 8. Звукова карта.	17	4		6		7
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	60	18		12		30

### 6.3. Тематичний план лабораторних занять.

Лабораторні роботи проводяться у вигляді практичної виконання завдання лабораторної роботи на ПК з попереднім теоретичним опитування самостійним виконанням ходу роботи, оформлення протоколу в електронному і текстовому вигляді із заключним захистом результатів роботи і протоколу роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<b>Лабораторна робота №1.</b> Системні основи архітектури обчислювальних систем	3	
2.	<b>Лабораторна робота №2.</b> Ознайомлення з технологіями віртуальних машин.	3	
3.	<b>Лабораторна робота №3.</b> Конфігурація персонального комп'ютера.	3	
4.	<b>Лабораторна робота №4.</b> Організація переривань у ПК	3	
5.	<b>Лабораторна робота №5.</b> Структура магнітних дисків.	3	
6.	<b>Лабораторна робота №6.</b> Робота відеосистеми в текстовому режимі.	3	
7.	<b>Лабораторна робота №7.</b> Дослідження елементів програмної моделі мікропроцесора.	3	
8.	<b>Лабораторна робота №8.</b> Оптимізація та розвиток архітектури обчислювальних систем.	3	
<b>Разом</b>		<b>24</b>	-

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Архітектура мейнфреймів та персональних комп'ютерів. Організація конвейерної та суперскалярної обробки та асоціативного пошуку інформації.	3	
2.	Архітектура системної шини, обладнання системної шини. Стандарти ISA, EISA, VESA, PCI. Організація управління на рівні L, S, M, X шини. Архітектура МП ядра, взаємозв'язок ЦП, співпроцесора, кеш-пам'яті, ОЗП, периферії.	3	
3.	Розподіл адресного простору введення/виведення та технологія Plug and Play. Організація захищеного 16-бітного та 32-бітного режиму. Керування пам'яттю. Віртуальна пам'ять. Сегментація.	3	
4.	Організація сторінок, блок підкачки сторінок. Буфер TLB. Організація захисту. Рівні захисту. Переключення задач.	3	
5.	Управління кеш-пам'яттю. Фізична організація банків в ОЗП, режими, розслоєння, сторінковий режим, регенерація.	3	
6.	Логічна організація пам'яті, адресний простір (ОЗП, ПЗП, відеопам'ять, порти вводу/виводу), організація розширеної Extendet, додаткової Expandet пам'яті, тіньової пам'яті.	3	
7.	Керування перериваннями. Призначення та формат слів	3	

	ініціалізації (ICW) та слів керування (OCW). Програмування контролера переривань.		
8.	Організація підсистеми клавіатури. Команди процесора клавіатури, програмування. Формування скан-кодів. Внутрішній буфер клавіатури. Функції 9-го переривання. Байти статусу клавішпереключачелів, формування ASCII кодів. Буфер клавіатури в ОЗП. Розширення та перенесення буфера.	3	
9.	Організація фізичної структури дисків (гнучких та жорстких магнітних дисків, магнітнооптичних, оптичних – CD, DVD).	3	
10.	Організація логічної структура дисків. Таблиця розділів, таблиця розміщення файлів (FAT), кореневий каталог, 32-байтний опис файла, область даних.	3	
11.	Організація контролерів дискових накопичувачів та їх архітектура. Інтерфейс IDE/ATA, SATA. Регістри та режими передачі даних. Адресація, програмування. Класи команд контролера. Пакетний інтерфейс ATAPI.	3	
12.	Контролери MGA, CGA, EGA, VGA, SVGA, архітектура, групи керуючих регістрів. Управління та адресація контролерів EGA/VGA/SVGA, функції та програмування контролерів CRTS, блоків синхронізації (секвентера), атрибутів, графічного контролера, ЦАП (для VGA, SVGA). Організація відеопам'яті в вигляді бітових площин.	3	
13.	Організація текстових режимів. Структура відеопам'яті, управління кольором на рівні атрибутів, регістрів палітри, регістрів ЦАП. Управління курсором.	3	
14.	Прямий запис в відеопам'ять. Робота з сторінками, апаратні та програмні горизонтальні та вертикальні зсуви, скролінг екрану, розділення екрану.	3	
15.	Структура відеопам'яті в різних графічних режимах, формування кольору пікселів. Режими запису (0,1,2,3) та читання (0,1) в відеопам'ять. Призначення регістрів "защипок", бітової маски, вибору кольору, дозволу кольору, дозволу бітової площини, установки, обертання та ін.	3	
16.	Збереження та копіювання графічних зображень. Область збереження даних графічного контролера. Графічні примітиви (лінія, прямокутник, затушування). Рух та обертання 2 і 3-х мірних об'єктів.	3	
17.	Архітектура послідовного COM-порту та програмна модель. Структура пакета та управляючі регістри. Адресація та програмування послідовного COM порту та модема. Керування "мишою".	3	
18.	Архітектура паралельного LPT-порту та програмна модель. Режими роботи (стандартний режим SPP, режими EPP та ECP). Управляючі регістри. Адресація та програмування.	3	
19.	Архітектура послідовної USB шини. Топологія, фізичний інтерфейс. Архітектура та взаємодія компонент USB. Модель взаємодії компонент. Типи передач та формати передаваної інформації.	3	
20.	Архітектура системного інтерфейсу SCSI. Специфікації SCSI-1 - SCSI-3. Фізичний інтерфейс. Адресація пристроїв та передача даних. Система команд. Формати блоку дескриптора команд. Конфігурування пристроїв SCSI.	3	
	<b>Разом</b>	<b>60</b>	

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби: Мультимедійний проектор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Office.

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **8.1. Основна література**

1. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк. Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
2. Кравчук С.О., Шохін В.О. Основи комп'ютерної техніки: Компоненти, системи, мережі : Навч. Посібник. – К.: Каравела, 2006. – 344с.
3. Абрамов В.О. Архітектура електронно-обчислювальних машин. Навчальний посібник. – К.: КМПУ імені Б.Д.Грінченка, 2007. – 84 с.
4. Матвієнко М. П. Архітектура комп'ютера: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. П. Матвієнко, В. П. Розен, О. М. Закладний. – К. : Ліра, 2013. – 264 с.
5. Інформатика. Комп'ютерна техніка. Комп'ютерні технології: Підручник для ВНЗ / За ред. О.І. Пушкаря. – К.: Академія, 2003. – 704 с.
6. Абрамов В.О. Фізичні основи комп'ютерних систем: навчальний посібник – К.: КМПУ імені Б.Д.Грінченка, 2007. – 124 с.
7. Поворознюк А. І. Архітектура комп'ютерів. Архітектура мікропроцесорного ядра та системних пристроїв: Навчальний посібник. Ч.1. – Харків: НТУ "ХПІ", 2023. – 355 с.
8. Архітектура комп'ютера. Частина 1 / Кравченко Ю.В., Левченко О.О. та ін. – Київ, 2022, Новий світ-2000 – 220 с.
9. Тарарака В.Д. Т19 Архітектура комп'ютерних систем: навчальний посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 383 с.
10. Архітектура комп'ютерних систем: конспект лекцій. Укладачі: Голотенко О.С. Тернопіль : Видво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 120 с.

### **8.2. Додаткова література**

1. Самофалов К.Г. Мікропроцесори. – К.: "Техніка", 1989.–263с.
2. Кривенко В.І. ЕОМ і мікропроцесорні системи. – К., 2005.
3. Крупельницький, Л. В. Архітектура комп'ютерів. Частина 1 : лабораторний практикум / Л. В. Крупельницький, А. В. Снігур, С. В. Богомолів. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 104 с.
4. Вовк П.Б. Архітектура комп'ютера: методичні вказівки до виконання самостійних робіт із дисципліни «Архітектура комп'ютера». Луцьк : ТК Луцького НТУ, 2015. 40 с.