



ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ СХЕМОТЕХНІКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</i>
Освітня програма	<i>Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити ЄКТС/ 150 годин, з них аудиторні 72 год., самостійна робота - 78 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / Поточний контроль, МКР</i>
Розклад занять	https://roz.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Баженов Віктор Григорович Лабораторні: д.ф., асистент Повшенко Олександр Анатолійович</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NzEwMzM2Mjc3NjUz?cjc=6vhl7s5

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Предметом навчальної дисципліни «Основи цифрової схемотехніки» є вивчення теоретичних і практичних основ проектування, аналізу та реалізації цифрових електронних схем, які є частиною автоматизованих систем.

У рамках навчальної дисципліни «Основи цифрової схемотехніки» майбутні бакалаври ознайомляться з основами проектування, аналізу та оптимізації цифрових електронних схем, що використовуються в автоматизованих системах, а також ознайомляться із принципами функціонування цифрових пристроїв, методологією їх розрахунків та побудовою макетів цифрових електронних схем.

Метою дисципліни є формування у студентів здатності кваліфіковано використовувати цифрові електронні компоненти як в дискретному, так і в інтегральному виконанні для вирішення різноманітних схемотехнічних задач при проектуванні автоматизованих систем; користуватися сучасними вимірювальними приладами для дослідження принципу роботи та визначенні параметрів цифрових електронних схем; аналізувати схемні рішення, визначати їх характеристики за рахунок використання сучасних програм для моделювання електронних схем.

Результати навчання, які мають продемонструвати студенти після засвоєння дисципліни:

Програмні та фахові компетентності:

- ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ФК02. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях.
- ФК05. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Програмні результати навчання:

- ПРН02. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв'язання типових задач і проблем автоматизації.
- ПРН17. Вміти розробляти та експлуатувати роботизовані та кібер-фізичні системи

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліна є нормативною, згідно зі структурно-логічною схемою навчання за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Пререквізитами вивчення дисципліни «Основи цифрової схемотехніки» є застосування теоретичних знань та практичних навичок, які були отримані студентами підчас вивчення ряду освітніх компонент циклу загальної підготовки таких як «Фізика» та «Електроніка».

Дисципліна є підготовчою для опанування дисциплін професійної підготовки, таких як «Програмно-технічні комплекси систем автоматизації», для переддипломної практики та дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ

Тема 1.1. Двійкова система числення. Основи булевої алгебри, основні закони та аксіоми.

Тема 1.2. Мінімізація функцій за допомогою карт Карно.

Тема 1.3. Синтез комбінаційних схем. Елементна база цифрових мікросхем.

Розділ 2. Схеми на основі базових цифрових електричних компонентів

Тема 2.1. Шифратор та дешифратор.

Тема 2.2. Мультиплексор та демультиплексор.

Тема 2.3. Формувачі сигналів складної форми.

Тема 2.4. Тригери, принцип дії. Регістри пам'яті.

Тема 2.5. Двійкові лічильники імпульсів на тригерах.

Тема 2.6. Лічильники з довільним коефіцієнтом переліку, реверсивні лічильники імпульсів.

Тема 2.7. Особливості проектування лічильників імпульсів з довільним коефіцієнтом переліку на базі серійних мікросхем.

Тема 2.8. Суматор та віднімач. Помножувачі коду.

Тема 2.9. Особливості синтезу комбінаційних схем на елементах пам'яті.

Тема 2.10. Цифрові синтезатори частоти.

Розділ 3. Зв'язок аналогової та цифрової частин схем

Тема 3.1. Будова та принцип роботи АЦП та ЦАП.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн.2 Цифрова схемотехніка: Підручник/В.І.Бойко, А.М.Гуржий, В.Я.Жуйков та ін.-2-ге вид., допов. і переробл.-К.: Вища шк., 2004.-423с.:іл.
2. Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки. Том 1 Електронний Підручник/ Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Ямненко Ю.С., Заграничний А.В. 2016р.-399с.:іл
3. Баженов В.Г., Суслов Є.Ф., Лисенко Ю.Ю., Повшенко О.А. Комп'ютерна електроніка 2 Лабораторний практикум. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 2021.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Електроніка" частина 1. Баженов В.Г., Галаган Р.М., Повшенко О.А.; гриф НТУУ "КПІ"; дата отримання грифу 24.05.2021.
5. Подчашинський Ю.О., Тарака В.Д., Чепук Л.О. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Цифрова електроніка: навч. посібник. - Житомир: Видавець О.О. Євнок. 2020. - 236 с.

Допоміжна література

6. Основи мікросхемотехніки. Дослідження властивостей інтегральних мікросхем [Текст] метод. Вказівки до викон. Лаборатор. робіт для студ. Напрямку підготовки «Радіотехніка, радіоелектронні апарати» / Уклад.: О.І.Ладик, О.М.Лебедев.-К.: НТУУ «КПІ», 2008.- 60 с.
7. Жабін В. І. Прикладна теорія цифрових автоматів / В. І. Жабін та ін. – 2-ге вид., доопрац. – К. : НАУ, 2009. - 360 с.
8. D. Harris та S. Harris, Digital Design and Computer Architecture, 2 ред., New York: Morgan Kaufmann, 2012.
9. U. Tietze, C. Schenk та E. Gamm, Electronic Circuits, 2 ред., Erlangen, 2008.
10. M. M. Mono та M. D. Ciletti, Digital Design With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog, 6 ред., New York: Pearson Education, 2017.
11. P. Scherz та S. Monk, Practical Electronics for Inventors, 4 ред., USA: McGraw Hill TAB, 2016.
12. D. A. Patterson та J. L. Hennessy, Computer organization and design: the hardware/software interface, 5 ред., Waltham, Massachusetts: Morgan Kaufmann, 2013.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для опанування дисципліни передбачено лекції та лабораторні роботи.

5.1. Лекції

№ з/п	Назва теми лекцій
1	Вступне заняття. <i>Ознайомлення студентів із структурою та планом проведення лекційних занять, критеріями оцінки успішності згідно з положенням про рейтингову систему оцінювання успішності студентів з дисципліни, списком рекомендованої літератури і т.і.</i> <i>Завдання на СРС: Двійкова система числення [2].</i>
2	Мінімізація функцій за допомогою карт Карно. <i>Завдання на СРС: Основи булевої алгебри, основні закони та аксіоми [2].</i>
3	Синтез комбінаційних схем. Елементна база цифрових мікросхем. <i>Завдання на СРС: Мікросхеми ТТЛ логіки, каталог [2].</i>
4	Особливості синтезу комбінаційних схем з кількома виходами. <i>Завдання на СРС: Синтез дешифратора для семисегментного індикатора. Ознайомлення</i>

	<i>з номенклатурою серійних мікросхем дешифраторів [1,3].</i>
5	Синтез схем з використанням термів не визначених значень. <i>Завдання на СРС: Ознайомлення з серійними мікросхемами синтезаторів [2].</i>
6	Дешифратори. Мультиплексори. Формувачі сигналів складної форми. <i>Завдання на СРС: Комбінаційні схеми [1,2,3].</i>
7	Двійкові лічильники імпульсів на тригерах. <i>Завдання на СРС: Ознайомлення з серійними мікросхемами тригерів [2].</i>
8	Лічильники з довільним коефіцієнтом переліку, реверсивні лічильники імпульсів. <i>Завдання на СРС: Кодокеровані лічильники імпульсів (155іе8) [2].</i>
9	Особливості проектування лічильників імпульсів з довільним коефіцієнтом переліку на базі серійних мікросхем.
10	Особливості проектування керованих подільників частоти з довільним коефіцієнтом поділення на базі серійних мікросхем (Частина 1).
11	Особливості проектування керованих подільників частоти з довільним коефіцієнтом поділення на базі серійних мікросхем (Частина 2).
12	Синтезатори частоти DDS Основні принципи роботи.
13	Синтезатори частоти PLL Основні принципи роботи.
14	Цифро-аналогові перетворювачі.
15	Аналого-цифрові перетворювачі.
16	Основні розрахунки при виборі мікросхем Аналого-цифрових перетворювачів АЦП.
17	Основні схеми підключення ЦАП до цифрових пристроїв.
18	Основні схеми підключення АЦП до цифрових пристроїв.

5.2. Лабораторні роботи

№ з/п	Назва лабораторної роботи
0	Вступне заняття. <i>Ознайомлення з технікою безпеки в лабораторії, при сигналі повітряна тривога та правилами роботи з приладами.</i>
1	Ланцюги постійного та змінного струму. <i>Ознайомлення з базовими компонентами електричного кола, їх схемами сполучення та методами перетворення. Придбання навичок побудови електронних схем та їх дослідження за допомогою віртуальних вимірювальних приладів.</i>
2	Аналогові фільтри. <i>Ознайомлення зі схемами аналогових фільтрів їх АЧХ та ФЧХ. Придбання навичок дослідження параметрів електронних схем за допомогою віртуальних вимірювальних приладів.</i>
3-4	Активні фільтри та схеми на операційних підсилювачах. <i>Ознайомлення з принципом роботи схем побудованих на операційних підсилювачах (ОП). Придбання навичок дослідження параметрів електронних схем за допомогою віртуальних вимірювальних приладів.</i>
5-6	Спектральний аналіз сигналів. <i>Ознайомлення з перетворенням Фур'є та його застосуванням в спектральному аналізі сигналів. Придбання навичок спектрального аналізу сигналів та побудови смугових аналогових фільтрів вищих порядків.</i>
7	Цифрові логічні елементи. <i>Ознайомлення з базовими цифровими елементами та принципом побудови схем на їх</i>

	<i>основі. Засвоєння принципів Булевої алгебри при проектуванні цифрових схем. Придбання навичок побудови та аналізу цифрових схем на дискретних елементах.</i>
8	Комбінаційні логічні схеми. <i>Ознайомлення з принципами проектування комбінаційних логічних пристроїв. Придбання навичок побудови шифраторів та дешифраторів на дискретних цифрових елементах.</i>
9	Семисегментні індикатори. <i>Ознайомлення з будовою та принципом роботи семисегментних індикаторів. Придбання навичок побудови електронних схем з їх використанням.</i>
10	Кнопки та клавіатури. <i>Ознайомлення з будовою та принципом роботи кнопок та клавіатури. Придбання навичок побудови електронних схем з їх використанням.</i>
11	Тригери <i>Ознайомлення з будовою тригерів та їх функціонуванням. Придбання навичок побудови тригерів на дискретних електронних компонентах та схем на їх основі.</i>
12	Лічильники <i>Ознайомлення з будовою лічильників. Придбання навичок побудови лічильників та схем на їх основі.</i>
13	Широтно-імпульсна модуляція. <i>Ознайомлення з методикою формування широтно-імпульсної модуляції та її сфер застосування. Придбання навичок побудови електронних схем з їх використанням на прикладі 555 таймеру.</i>
14	Цифрові суматори. <i>Ознайомлення з принципом роботи цифрових суматорів. Придбання навичок побудови схем однорозрядних та багаторозрядних суматорів.</i>
15	Цифро-аналогові перетворювачі. <i>Ознайомлення з будовою та принципом роботи цифро-аналогових перетворювачів. Придбання навичок побудови електронних схем з їх використанням.</i>
16	Аналого-цифрові перетворювачі. <i>Ознайомлення з будовою та принципом роботи аналого-цифрових перетворювачів. Придбання навичок побудови електронних схем з їх використанням.</i>
17	Проведення модульної контрольної роботи (МКР).

6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 78 годин самостійної роботи студентів, та яких 6 годин – на підготовку до екзамену і 72 годин на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, оформлення результатів виконання комп'ютерних практикумів та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу та на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає:

- закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни;
- здобуття навичок самостійного вивчення матеріалу;
- виконання розрахункової графічної роботи.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
 - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції у програмі Zoom (або будь якій іншій за вимогою студентів), посилання надається старостам академічних груп на початку семестру (обов'язково із наявністю камери).
- **правила поведінки на заняттях:**
 - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;
 - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - захист лабораторних робіт відбувається очно під час пари за розкладом. У випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom; викладач індивідуально задає запитання, на які пропонується відповісти усно;
 - у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила виконання та захисту розрахунково графічної роботи:**
 - на виконання розрахункової графічної роботи (РГР) передбачено 4 години.
 - завдання для виконання РГР видається викладачем під час проведення лекційних занять та включає в себе розв'язання типових прикладів завдань.
 - підготовка та виконання РГР студентом відбувається під час самостійної роботи.
 - захист РГР відбувається очно під час пари за розкладом. У випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom;
 - у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - докладна інформація про штрафні та заохочувальні бали наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- **політика дедлайнів та перескладань:**
 - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин відсутності на занятті;
 - захист виконаних лабораторних робіт та РГР вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох тижнів після проведення лабораторної роботи чи останньої пари видачі завдання на РГР;
 - перескладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім.

Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- О нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від максимально можливої кількості балів, визначених для цього контрольного заходу;
- О негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Оскарження результатів контрольних заходів

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів факультету (чи кафедри), які проводять заняття з даної чи споріднених дисциплін.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

8.1. Поточний контроль:

Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
Виконання лабораторних робіт	16	3	48
Виконання розрахунково-графічна робота	1	12	12
Виконання модульної контрольної роботи	1	10	10
Усього			70

8.2. Критерії нарахування балів

8.2.1. Робота на лабораторних роботах за протоколами

Ваговий бал за окремої лабораторної роботи – 3. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $3 \text{ балів} \times 16 = 48 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

- 3 бали – завдання виконано в повному обсязі (не менше 95%) і захищається вчасно, є усне пояснення та правильні відповіді на уточнюючі запитання. Під час відповіді не використовуються сторонні джерела інформації;
- 2 бали – виконана більша частина завдання (не менше 75%) та переважно повна відповідь на запитання під час захисту роботи;
- 1 бал – виконані не всі пункти завдання (не менше 60%), неповна відповідь на захисту роботи та незначні помилки під час виконання роботи;
- 0 балів – завдання виконане не повністю (менше 60%), або завдання здане, проте з явними ознаками плагіату, або завдання здане, але студент зовсім не розбирається і не може його пояснити, що свідчить про виконання завдання іншою особою.

Додатково за тематикою кожної пропущеної лабораторної роботи здобувач отримує додаткове усне запитання під час захисту. Незадовільна відповідь на додаткове запитання знижує загальну оцінку на 1 бал.

8.2.2. Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал за розрахунково-графічну роботу – 12.

Критерії оцінювання:

- 11-12 балів – завдання виконано в повному обсязі (не менше 95%) і захищається вчасно, є усне пояснення та правильні відповіді на уточнюючі запитання;
- 9-10 балів – виконана більша частина завдання (не менше 75%) та переважно повна відповідь на запитання під час захисту роботи;
- 7-8 балів – виконані не всі пункти завдання (не менше 60%), неповна відповідь на захисту роботи та незначні помилки під час виконання роботи;
- 0 балів – завдання не виконано, або завдання здане, проте з явними ознаками плагіату, або завдання здане, але студент зовсім не розбирається і не може його пояснити, що свідчить про виконання завдання іншою особою.

8.2.3. МКР

Ваговий бал за виконання МКР – 10 балів.

Модульна контрольна робота проводиться на останньому занятті з лабораторних робіт та включає у себе 10 тестових питань. Відповідь на кожне із питань оцінюється у 1 бал. У цьому випадку критерієм оцінювання є кількість правильних відповідей.

8.3. Штрафні та заохочувальні бали

- за участь у факультетській олімпіаді з дисципліни або споріднених дисциплін, модернізацію або розширення тематики практичних занять студенту нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів.
- за активну участь у навчальному процесі (виконання і захист індивідуального завдання) нараховується від 1 до 2 заохочувальних балів;
- за розробку власних проєктів, що не входять до тематики лабораторних робіт студенту нараховується від 1 до 10 заохочувальних балів в залежності від складності виконаної роботи, яка оцінюється викладачем.
- за кожен тиждень затримки подання індивідуального завдання (МКР, РГР) нараховується -1 штрафний бал.

Сума заохочувальних балів не може перевищувати +10, сума штрафних балів не може перевищувати -10.

8.4. Умови позитивного календарного контролю (проміжної атестації)

Умовою першого календарного контролю є отримання не менше ніж 10 балів (за умови що на момент проведення календарного контролю максимально можливий рейтинговий бал становитиме 20 балів).

Умовою другого календарного контролю є отримання не менше ніж 25 балів та не пропустити більше половини лекційних занять (за умови що на момент проведення календарного контролю максимально можливий рейтинговий бал становитиме 50 балів).

8.5. Семестровий контроль

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, МКР та РГР, або стартовий рейтинг не менше 35 балів та присутність на більш ніж половині лекційних занять. При пропуску більше половини лекційних занять для того, щоб отримати допуск до екзамену студент повинен виконати реферат за відповідною тематикою пропущених занять і захистити його. Вимоги до рефератів обговорюються з викладачем.

На екзамені студенти отримують білет який складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Відповідь на теоретичні питання надаються усно, максимальна оцінка за відповідь на кожне теоретичне питання становить 10 балів. Виконання практичного завдання виконується письмово, максимальна оцінка – 10 балів. Максимальний сумарний бал за

екзаменаційну роботу складає 30 балів. Оцінювання екзаменаційної роботи ґрунтується на зазначених нижче критеріях:

8.5.1. Критерії оцінювання теоретичних питань

- 9-10 балів – «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації);
- 7-8 балів – «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності);
- 5-6 балів – «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки);
- 0 балів – «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

8.5.2. Критерії оцінювання практичної завдання

- 9-10 балів – «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання (моделювання або розрахунок);
- 7-8 балів – «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими недоліками;
- 5-6 балів – «задовільно», завдання виконане з певними недоліками;
- 0 балів – «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування навчальної дисципліни «**Основи цифрової схемотехніки**» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою. Обсяг годин та перелік зарахованих тем узгоджується з викладачем.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. кафедри АСНК, к.т.н. Баженов Віктор Григорович,
асис. кафедри АСНК, д.ф. Повшенко Олександр Анатолійович

Ухвалено кафедрою АСНК (протокол №20 від 17.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Приладобудівного факультету
(протокол №7 від 25.06.2025 р.)