



Чисельні методи розв'язання інженерних задач

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>За вибором</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни / кредитного модуля	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., доцент Лисенко Юлія Юріївна j.lysenko@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTU2NTMyNzE1MDE3?cjc=ff4qhpj</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Чисельні методи розв'язання інженерних задач» присвячена вивченню математичних методів, що лежать в основі вирішення задач математичного моделювання фізичних і технічних процесів та оптимізації проектних рішень. На сьогодні чисельні методи є потужним засобом розв'язання багатьох науково-технічних задач. Це пов'язано як з необхідністю отримання точних аналітичних розв'язків, так і зі стрімким розвитком комп'ютерної техніки. Не дивлячись на існування значної кількості стандартних програм та об'єктно-орієнтованих пакетів прикладних програм, для інженера і науковця важливим залишається розуміння змісту основних чисельних методів та алгоритмів, оскільки нерідко інтерпретація результатів обчислень нетривіальна і вимагає спеціальних знань особливостей застосованих методів. Вивчення чисельних методів розв'язання інженерних задач здійснюється шляхом ознайомлення з теоретичними основами та способами алгоритмізації методів з наступним синтезом програми реалізації складеного алгоритму.

Знання, які отримують студенти під час вивчення дисципліни, можуть використовуватися у подальшому у процесі розрахунків і проектування приладів та багатоканальних систем технічної і медичної діагностики, а також у процесі експлуатації даних систем.

Предмет навчальної дисципліни: чисельні методи моделювання та оптимізації.

Метою дисципліни «Чисельні методи розв'язання інженерних задач» є формування у студентів **компетентностей**:

- здатність застосовувати чисельні методи для розв'язання інженерних задач;
- здатність аналізувати ефективність застосованих методів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння дисципліни мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- розуміти методи розв'язання математичних задач у числовому вигляді;
- вміти реалізовувати ці методи за допомогою мов програмування.

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

Навчальна дисципліна «Чисельні методи розв'язання інженерних задач»: 1) базується на знаннях, здобутих студентами при вивченні таких дисциплін, як вища математика, програмування; 2) є основою для дисциплін, пов'язаних з комп'ютерним моделюванням процесів та систем; 3) може бути використана під час виконання дипломного проєкту (роботи).

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Чисельні методи розв'язання інженерних задач» складається з 4-х тем. Перша тема присвячена вивченню основних понять математичного моделювання та наближених розрахунків. У другій темі розглядаються чисельні методи розв'язання алгебраїчних рівнянь. Третя тема присвячена розв'язанню систем лінійних алгебраїчних рівнянь прямими та ітераційними методами. Під час вивчення четвертої теми розглядаються методи пошуку екстремуму функцій однієї та декількох змінних відповідно.

Тема 1. Сутність чисельних методів та основні поняття. Характеристики чисельних методів.

Тема 2. Розв'язання лінійних і нелінійних рівнянь.

2.1. Чисельні методи знаходження одного кореня рівняння.

2.2. Чисельні методи знаходження всіх коренів рівняння.

Тема 3. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

3.1. Прямі методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

3.2. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Тема 4. Методи оптимізації.

4.1. Чисельні методи пошуку екстремуму функції однієї змінної.

4.2. Чисельні методи пошуку екстремуму функції декількох змінних.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела

- 1) **Howard, J.P.** Computational Methods for Numerical Analysis with R : [Текст] / James Patrick Howard II. – The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory Laurel, Maryland, USA, 2017. – 279 с.
- 2) **Дзісь, В. Г.** Прикладна математика на основі MathCAD : Навчальний посібник [Текст] / В. Г. Дзісь, О. В. Левчук, О. М. Дячинська. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 378 с.
- 3) **Лашко, О. В.** Комп'ютерні технології 1. Математичне моделювання на ЕОМ : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (комп'ютерного практикуму) [Текст] / уклад. О. В. Лашко, Б. В. Булах. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 78 с.
- 4) **Третиник, В.В.** Методи обчислень: Частина 1. Чисельні методи алгебри [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані (Data Science) та математичне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського / уклад. : В. В. Третиник, Н. Д. Любашенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 138 с.

Допоміжна

- 5) **Epperson, J. F.** An Introduction to Numerical Methods and Analysis : Second Edition [Текст] / James F. Epperson. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013. – 591 p.
- 6) **Garcia, A. L.** Numerical Methods for Physics [Текст] / Alejandro L. Garcia. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. – 432 p.
- 7) **Волонтир, Л. О.** Чисельні методи: Навчальний посібник [Текст] / Л. О. Волонтир, О. В. Зелінська, Н. А. Потапова, І. А. Чіков. – Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 322 с.
- 8) **Шевчук, О. Ф.** Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. посіб. [Текст] / О. Ф. Шевчук, Д. А. Найко. – Вінниця: ВНАУ, 2020. 382 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні форми навчання – лекції, комп'ютерні практикуми, самостійна робота студентів.

Лекційний курс розрахований на вивчення теоретичних основ чисельних методів і є базовим для більш детального знайомства з методами наближених обчислень під час виконання комп'ютерних практикумів.

Лекція 1

Передмова. Мета та завдання дисципліни. Принципи рейтингового оцінювання успішності студентів.

Тема 1. Основні поняття математичного моделювання фізичних процесів і систем [1, 5].

У лекції розкриваються мета і завдання дисципліни, положення рейтингової системи оцінювання успішності студентів, правила безпеки під час занять. Розглядаються мета, завдання, основні поняття та етапи математичного моделювання фізичних процесів і систем.

Визначаються вимоги до математичних моделей. Розкривається роль чисельних методів у розв'язанні інженерно-технічних та наукових задач.

Завдання на СРС: проаналізувати матеріал лекції і ознайомитися з рекомендованою літературою.

Лекція 2

Тема 2. Розв'язання лінійних і нелінійних рівнянь. Чисельні методи знаходження одного кореня рівняння. [2, 3, 6, 7].

У лекції розглянуті чисельні методи знаходження кореня рівняння на заданому інтервалі ізоляції. Наведені ітераційні формули для розрахунку наближеного значення коренів. Розглядається алгоритмічна реалізація методів пошуку кореня.

Завдання на СРС: скласти програму для визначення кореня рівняння методом порозрядного наближення для полінома $x^2 + \sin(x) - 2$.

Лекція 3

Тема 2. Розв'язання лінійних і нелінійних рівнянь. Чисельні методи знаходження всіх коренів рівняння [2, 3, 6, 7].

У лекції розглядаються методи пошуку всіх коренів рівняння поліному. Розкриваються способи виділення інтервалів ізоляції коренів. Розглядаються можливості застосування відомих методів для уточнення кореня на інтервалі ізоляції.

Завдання на СРС: визначити всі корені рівняння $x^3 - 2x^2 - 8x + 13 = 0$.

Лекції 4, 5

Тема 3. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Прямі методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь [3, 4, 5, 7].

В лекції розглянуті прямі методи розв'язання СЛАР. Розкривається алгоритмічна реалізація методів, визначаються переваги та обмеження застосування прямих методів для розв'язання СЛАР.

Завдання на СРС: розв'язати систему рівнянь за допомогою правила Крамера

$$\begin{cases} 10x_1 + x_2 + x_3 = 12 \\ 2x_1 + 10x_2 + x_3 = 13 \\ 2x_1 + 2x_2 + 10x_3 = 14 \end{cases}$$

Лекція 6

Тема 3. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь [3, 4, 5, 7].

У лекції розглядаються ітераційні методи розв'язання СЛАР. Висвітлюються умови застосовності ітераційних методів, особливості забезпечення точності обчислень. Розкривається алгоритмічна реалізація методів, визначаються переваги та обмеження застосування ітераційних методів для розв'язання СЛАР.

Завдання на СРС: розв'язати систему рівнянь за допомогою метода Зейделя

$$\begin{cases} 3.1x_1 + 2.8x_2 + 1.9x_3 = 0.2 \\ 1.9x_1 + 3.1x_2 + 2.1x_3 = 2.1 \\ 7.5x_1 + 3.8x_2 + 4.8x_3 = 5.6 \end{cases}$$

Лекція 7

Тема 4. Методи оптимізації. Чисельні методи пошуку екстремуму функції однієї змінної [1, 3, 5, 6].

У лекції висвітлюються основні завдання оптимізації математичних моделей. Розкривається поняття цільової функції. Розглядаються методи пошуку екстремуму функції однієї змінної на заданому інтервалі ізоляції точки екстремуму. Розкривається алгоритмічна реалізація методів.

Завдання на СРС: визначити екстремуми типу «максимум» і «мінімум» функції $f(x) = x^2(12 - x)^2$.

Лекція 8

Тема 4. Методи оптимізації. Чисельні методи пошуку екстремуму функції декількох змінних [1, 3, 5, 6].

У лекції розглядаються методи пошуку екстремуму функції декількох змінних на прикладі функції двох змінних. Розкривається алгоритмічна реалізація методів.

Завдання на СРС: дослідити на екстремум функцію $z = 3x^3 + y^2 + 4xy - x + 2$.

Лекція 9

Залік

Мета проведення **комп'ютерних практикумів** – закріплення на практиці теоретичних знань, набутих студентами під час лекційних занять з дисципліни.

Практичні заняття проводяться у формі комп'ютерних практикумів. Основне завдання практикумів – оволодіння практичними вміннями застосовувати чисельні методи для вирішення інженерних задач.

Номер теми	Номер заняття	Зміст заняття	Об'єм (год.)
1	КП-1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Знайомство з лабораторією та робочими місцями. Розв'язання задач на тему «Операції з матрицями» із застосуванням однієї з мов програмування	4
	КП-2	Виконання індивідуальних завдань за темою «Операції з матрицями»	2
2	КП-3	Розв'язання задач на тему «Чисельні методи знаходження одного кореня рівняння» із застосуванням однієї з мов програмування	4
	КП-4	Виконання індивідуальних завдань за темою «Чисельні методи знаходження одного кореня рівняння»	2
	КП-5	Розв'язання задач на тему «Чисельні методи знаходження всіх коренів рівняння» із застосуванням однієї з мов програмування	2
	КП-6	Виконання індивідуальних завдань за темою «Чисельні методи знаходження всіх коренів рівняння»	2
3	КП-7	Розв'язання задач на тему «Прямі методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь» із застосуванням однієї з мов програмування	4
	КП-8	Розв'язання задач на тему «Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь» із застосуванням однієї з мов програмування	4
	КП-9	Виконання індивідуальних завдань за темою «Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь»	2

4	КП-10	Розв'язання задач на тему «Чисельні методи пошуку екстремуму функції однієї змінної» із застосуванням однієї з мов програмування	2
	КП-11	Виконання індивідуальних завдань за темою «Чисельні методи пошуку екстремуму функції однієї змінної»	2
	КП-12	Розв'язання задач на тему «Чисельні методи пошуку екстремуму функції декількох змінних» із застосуванням однієї з мов програмування	2
	КП-13	Виконання індивідуальних завдань за темою «Чисельні методи пошуку екстремуму функції декількох змінних»	2
–	КП-14	Модульна контрольна робота	2

6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 66 годин самостійної роботи студентів, з яких 2 годин – на підготовку до заліку і 64 годин на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, самостійний розв'язок додаткових задач, оформлення звітів про результати виконання комп'ютерних практикумів та ознайомлення із джерелами відповідно до списку. Самостійна робота спрямована на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу, а також на підготовку до аудиторних занять і семестрового контролю.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії відповідно до розкладу занять;
 - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у формі онлайн-конференцій у програмі Zoom або Google Meet; сервіс організації відео-конференцій та посилання на конференцію видається на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
 - не рекомендується займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;
 - рекомендується обмежити використання засобів зв'язку під час занять;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
 - під час занять та консультацій рекомендується дотримуватися положень Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського; детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- **правила зарахування індивідуальних завдань комп'ютерних практикумів:**
 - для зарахування комп'ютерних практикумів необхідно представити викладачу:
 - друкований або електронний протокол-звіт, що відображає назву, мету, порядок виконання роботи, індивідуальне завдання відповідно до варіанту (за заліковою книжкою студента), алгоритм виконання завдання та його реалізацію у вигляді програмного коду однією з мов програмування (Python, C++, Java), контрольні приклади та розрахунки;

- результати виконання роботи у відповідному середовищі розробки, з наглядною демонстрацією коректності роботи програми;
- результати захисту практикуму шляхом виконання завдання іншого варіанту (іншого методу) у вигляді алгоритму.
- зарахування комп'ютерних практикумів проходить під час проведення практичних занять, а у випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференцій у відведений розкладом час;
- у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - докладна інформація щодо штрафних та заохочувальних балів 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:**
 - дедлайни зарахування всіх видів робіт визначаються термінами календарного та семестрового контролю;
 - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин відсутності на заняттях;
 - перескладання з метою підвищення рейтингових балів не передбачені.
- **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;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - 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 їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю.

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

8.1. Рейтинг студента з дисципліни складається зі 100 балів. Семестровий рейтинг складається з балів, що студент отримує за:

- виконання шести індивідуальних завдань комп'ютерних практикумів (84 бали);
- модульну контрольну роботу (16 балів).

8.2. Критерії нарахування балів

8.2.1. Виконання індивідуальних завдань комп'ютерних практикумів

Виконання індивідуальних завдань шести комп'ютерних практикумів оцінюється максимум у **84 бали**. Виконання кожного індивідуального завдання оцінюється за шкалою «0,9–0,75–0,6–0».

Критерії оцінювання:

14-13 балів – робота виконана в повному обсязі, продемонстровані та пояснені отримані результати, наданий протокол-звіт, зауважень до результатів виконання роботи немає або є незначні;

12-11 балів – робота виконана в повному обсязі, наданий протокол-звіт, продемонстровані та пояснені отримані результати, є значні зауваження до результатів виконання роботи;

10-8 балів – робота виконана в повному обсязі, наданий протокол-звіт.

0 балів – робота не виконана.

8.2.2. Виконання модульної контрольної роботи (МКР)

Виконання контрольної роботи оцінюється максимум у **16 балів**. Оцінювання відбувається за шкалою «0,9–0,75–0,6–0».

Критерії оцінювання МКР:

16-14 балів – роботу виконано у повному обсязі (завдання розкрито за допомогою графічного, текстового та алгоритмічного пояснення), зауважень щодо результатів виконання роботи немає або є незначні;

13-12 балів – роботу виконано у повному обсязі (завдання розкрито за допомогою графічного, текстового та алгоритмічного пояснення), проте є значні зауваження щодо результатів виконання роботи;

11-10 балів – роботу виконано частково (завдання розкрито за допомогою графічного або текстового пояснення);

0 балів – контрольна робота не виконана або виконана невірно.

8.3. Штрафні та заохочувальні бали за:

- за участь у факультетській олімпіаді з дисципліни або споріднених дисциплін, модернізації лабораторних робіт з курсу нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів;
- за активність під час практичних занять (розв'язування задач) нараховується 1 бал за кожен розв'язану задачу.

Сума заохочувальних балів не може перевищувати «+5».

8.4. Умови позитивної проміжної атестації (календарний контроль)

Умовою першої атестації є отримання не менше 14 балів за виконання індивідуальних завдань комп'ютерних практикумів (з урахуванням заохочувальних балів).

Умовою другої атестації є отримання не менше 28 балів за виконання індивідуальних завдань комп'ютерних практикумів (з урахуванням заохочувальних балів).

8.5. Умови допуску до семестрової атестації

Необхідною умовою допуску до семестрової атестації є зарахування одного і більше індивідуального завдання комп'ютерних практикумів. У випадку, якщо протягом семестру не було зараховано жодного комп'ютерного практикуму, студент не допускається до семестрової атестації.

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею 1. Кількість індивідуальних завдань, які необхідно виконати, визначаються студентом самостійно, виходячи з пріоритетів щодо рейтингової оцінки (див. табл. 1).

Якщо сума балів менша за 60, студенти виконують залікову контрольну роботу. У такому разі бали за МКР анулюються, а сума балів за виконання комп'ютерних практикумів та залікової контрольної роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею 1.

Студенти, які протягом семестру отримали більше 60 рейтингових балів, але бажають підвищити семестрову рейтингову оцінку, виконують залікову контрольну роботу. У такому разі бали за МКР анулюються, а сума балів за виконання комп'ютерних практикумів та залікової контрольної роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею 1.

Таблиця 1

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
КР не зараховано	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни

9.1. Умови зарахування дистанційних та онлайн курсів

В межах опанування дисципліни «Чисельні методи розв'язання інженерних задач» допускається можливість повного або часткового (за окремими темами) зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою, за умови попереднього узгодження з викладачем.

9.2. Перелік питань до модульної контрольної роботи

1. Метод дотичних (метод Ньютона) для знаходження кореня лінійного рівняння.
2. Метод Рібакова для знаходження кореня лінійного рівняння.
3. Метод рівномірного пошуку для знаходження кореня лінійного рівняння.
4. Метод хорд для знаходження кореня лінійного рівняння.
5. Метод січних для знаходження кореня лінійного рівняння.
6. Метод простих ітерацій для знаходження кореня лінійного рівняння.
7. Метод ділення навпіл (дихотомії) для знаходження кореня лінійного рівняння.
8. Метод порозрядного наближення для знаходження кореня лінійного рівняння.
9. Модернізований метод порозрядного наближення для знаходження коренів полінома.

10. Метод із попередньою локалізацією для знаходження коренів полінома.
11. Метод рівномірного пошуку для знаходження екстремуму функції однієї змінної.
12. Метод порозрядного наближення для знаходження екстремуму функції однієї змінної.
13. Метод ділення навпіл (дихотомії) для знаходження екстремуму функції однієї змінної.
14. Метод «золотого» перерізу для знаходження екстремуму функції однієї змінної.
15. Застосування правила Крамера для розв'язання систем лінійних рівнянь.
16. Метод Гаусса для розв'язання систем лінійних рівнянь.
17. Метод Гаусса з вибором головного елемента для розв'язання систем лінійних рівнянь.
18. Метод обертання для розв'язання систем лінійних рівнянь.
19. Метод оберненої матриці (Жордана-Гаусса) для розв'язання систем лінійних рівнянь.
20. Метод простих ітерацій для розв'язання систем лінійних рівнянь.
21. Метод Зейделя для розв'язання систем лінійних рівнянь.
22. Метод покоординатного спуску пошуку екстремуму функції декількох змінних.
23. Метод градієнтного спуску пошуку екстремуму функції декількох змінних.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Лисенко Ю.Ю., к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю

Ухвалено кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю
(протокол №17 від 21.06.2023 р.)

Погоджено методичною комісією приладобудівного факультету
(протокол №7/23 від 22.06.2023 р.)