

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Кафедра Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин



ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

**МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

(назва навчальної дисципліни)

Ступінь вищої освіти магістр  
(бакалавр, магістр)

Факультет / інститут (назва інституту, факультету)	Галузь знань (шифр і назва галузі знань)	Спеціальність (шифр і назва спеціальності)	ОПП
ННІ транспорту і будівництва	27 -транспорт	273 – залізничний транспорт	Локомотиви та локомотивне господарство

Севєродонецьк 2020

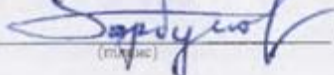
<sup>1</sup> Програма загальноуніверситетської дисципліни затверджується першим проректором

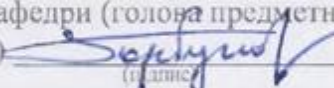
РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: кафедрою залізничного, автомобільного  
транспорту та ПТМ  
 для студентів спеціальності<sup>2</sup> 273 – Залізничний транспорт

Розробники<sup>3</sup>: д.т.н., проф. Фомін О.В.  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)



ЗАТВЕРДЖЕНО на засіданні кафедри (предметної комісії) ЗАТ та ПТМ  
 Протокол № 4 від «18» 12 2020 р.

Завідувач кафедри (голова предметної комісії):  (Горбунов М.І.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (голова предметної комісії)<sup>4</sup> факультету/інституту для якого викладається  
 дисципліна)  (Горбунов М.І.) «18» 12 2020 року  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією факультету/інституту МНІ Т.Б  
 Протокол № 5 від «22» 12 2020 року

Голова методичної комісії  (Уваров П.С.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

<sup>2</sup> У разі викладання дисципліни для декількох спеціальностей записуються шифр і назва кожної зі спеціальностей.

<sup>3</sup> Розробляється лектором.

<sup>4</sup> Обов'язковим є погодження з випусковими кафедрами по спеціальностям для яких викладається дисципліна. Повторити цей запис для кожної кафедри. Для загально університетських дисциплін програма погоджується з предметною комісією Методичної ради університету.

## ВСТУП

Програму навчальної дисципліни «МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» розроблено відповідно до освітньої програми підготовки здобувачів ступеня вищої освіти

магістр із  
(бакалавр, магістр)

спеціальності 273 – Залізничний транспорт

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є методи та засоби досліджень, розробки та аналізу фізичних, математичних та комп'ютерних моделей об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів залізничного транспорту, а саме локомотивів та локомотивного господарства.

**Міждисциплінарні зв'язки:** вивчення даної дисципліни забезпечують дисципліни та базові знання і вміння, отримані при вивченні дисциплін бакалаврського рівня галузі знань «Транспорт»

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів<sup>5</sup>:

**Змістовий модуль 1.** Теоретичні основи математичного моделювання.

**Змістовий модуль 2.** Рішення спеціалізованих задач залізничного транспорту з використанням системи автоматизації розрахунків “Mathcad”.

**Змістовий модуль 3.** Математичне моделювання систем експлуатації і ремонту рухомого складу.

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. **Метою** викладання навчальної дисципліни «МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» є оволодіння математичними методами та засобами досліджень, розробки та аналізу фізичних, математичних та комп'ютерних моделей об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів залізничного транспорту, а саме локомотивів та локомотивного господарства.

1.2. **Основними завданнями** вивчення дисципліни «МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» є опанування способами математичного моделювання експлуатації і ремонту рухомого складу та методами дослідження проблем і навичками практичних розрахунків у сфері експлуатації і ремонту рухомого складу; вироблення вмінь ставити, досліджувати, аналізувати і розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми експлуатації та ремонту локомотивів, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог, розвиток навичок розробки та оптимізації параметрів технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва вузлів, агрегатів та систем локомотивів та локомотивного господарства.

1.3. За результатами опанування навчальної дисципліни «МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» здобувачі вищої освіти набувають професійні компетентності, перелік яких наведено в таблиці 0.1 в стовпці «Компетентності». Щоб набути кожну з перерахованих компетентностей, здобувачі вищої освіти повинні продемонструвати знання, уміння, комунікативні здібності, а також здатність самостійно і відповідально здійснювати дії в контексті професії. Ці складові відповідають дескрипторам з Національної рамки кваліфікацій і надаються для кожної компетентності в таблиці 0.1.

<sup>5</sup> У якості назв змістових модулів можна наводити назви тем

Таблиця 0.1 - Відповідність компетентностей дескрипторам Національної рамки кваліфікацій

Компетентності	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел за допомогою сучасних інформаційних та комунікаційних технологій.	Засвоєння методів пошуку нових технічних рішень, способів організації теоретичних та експериментальних досліджень та їх оформлення.	Критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей.	Спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності.	Ініціювання інноваційних комплексних проєктів, лідерство та повна автономність під час їх реалізації. Соціальна відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень.
Здатність досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси при експлуатації та ремонті локомотивів.	Найбільш передові концептуальні та методологічні знання в галузі науково-дослідної та/або професійної діяльності і на межі предметних галузей.	Уміти формувати нові конкурентоздатні ідеї в області теорії і практики залізничного транспорту, розробляти методи вирішення нестандартних завдань і нові методи вирішення традиційних завдань.	Здатність налагоджувати комунікації на різних стадіях виробництва і експлуатації спираючись на існуючу нормативну і юридичну базу та засоби контролю і вимірювання.	Здатність ініціювати, розробляти та виконувати індивідуально або у вітчизняній (інтернаціональній) групі проєкти з удосконалення над великими проєктами стосовно локомотивів та локомотивного господарства.
Здатність науково обґрунтовувати вибір матеріалів, обладнання та заходів для реалізації новітніх технологій в експлуатації та ремонті локомотивів.	Опанування комплексом знань, щодо організації інженерної діяльності з метою проектування та розробки нових технічних рішень.	Уміти ставити, досліджувати, аналізувати і розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми експлуатації та ремонту локомотивів, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.	Здатність продемонструвати знання різних педагогічних теорій. Поширювати та популяризувати професійні знання.	Здатність удосконалювати і розвивати свій інтелектуальний і загальнокультурний рівень, самостійно навчатись новим методам дослідження, до змін наукового і науково-виробничого профілю в своїй професійній діяльності.

Компетентності	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
Здатність продемонструвати спеціалізовані концептуальні знання з експлуатації та ремонту локомотивів, набуті у процесі навчання та/або професійної діяльності, у тому числі знання і розуміння новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності.	Здатність пропонувати нові технічні рішення і застосовувати нові технології, обирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для вирішення інженерних задач, пов'язаних з професійною діяльністю.	Уміти представити результати аналізу чи дослідження у друкованій чи іншій формі іноземною чи рідною мовою.	Здатність ефективно налагоджувати комунікації з колегами і керівництвом при обґрунтуванні концепцій, принципів і використанні теорій та методів вдосконалення характеристик залізничного транспорту.	Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
Здатність виконувати науково-дослідні роботи щодо розрахунку та удосконалення транспортних процесів з урахуванням вимог екологічної безпеки.	Здатність критично осмислювати проблеми експлуатації та ремонту локомотивів, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, екологією, економікою.	Уміти розширити, доповнити чи модифікувати існуючі наукові теорії власними ідеями і доробками, що базуються на синтезі набутих знань та практичного досвіду.	Здатність спілкування з широкою науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності на високому професійному рівні.	Здатність відповідати за розвиток професійного знання і практик команди при експлуатації та ремонті локомотивів, оцінювати її стратегічний розвиток.
Здатність знаходити оптимальні рішення при створенні продукції залізничного транспорту з урахуванням вимог якості, надійності, енергоефективності, безпеки	Здатність оцінювати значущість результатів комплексної інженерної діяльності.	Вміння та навички розробки та оптимізації параметрів технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування	Здатність використовувати основні методи та підходи щодо експлуатації та ремонту локомотивів і контролю робіт з проектування, розроблення, післяпроектно	Здатність самостійно робити висновки, які спираються на передові теорії і концепції. Наявність широкого технічного кругозору, що базується на світовій і вітчизняній

Компетентності	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
життєдіяльності, вартості та строків виконання.		виробництва вузлів, агрегатів та систем локомотивів.	го супроводу, виробництва, випробування, та експлуатації деталей, вузлів та механізмів залізничного транспорту.	інженерній практиці.

Знання і навички, отримані на магістерському рівні при вивченні дисципліни будуть розвинуті на професійному рівні при виконанні магістерської роботи та в дисциплінах програми підготовки докторів філософії з наукової спеціальності 273 – Залізничний транспорт.

Знання і навички, отримані при вивченні дисципліни, будуть використовуватись у професійному контексті головного фахівця (залізничного транспорту), директора з транспорту, начальника відділу механізації та автоматизації виробничих процесів, начальник відділу транспорту, начальник проектно-конструкторського відділу, інженера з транспорту.

Перераховані компетентності є складовими інтегрованої професійної компетентності «Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері залізничного транспорту відповідно до спеціалізації або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов», що відповідає восьмому рівню Національної рамки кваліфікацій.

Продемонстровані здобувачами вищої освіти знання, уміння, комунікативні здібності, самостійність і відповідальність в прийнятті рішень складаються в інтегрований програмний результат навчання<sup>6</sup> «РН 04. Розробляти та пропонувати нові технічні рішення та застосовувати нові технології», «РН 05. Вміти застосовувати у професійній діяльності універсальні і спеціалізовані системи автоматизованого проектування (CAD), виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE)», «РН 06. Розробляти і впроваджувати енергозберігаючі технології», «РН 08. Знати та застосовувати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів залізничного транспорту», «РН 11. Виконувати техніко-економічні розрахунки, порівняння та обґрунтування процесів проектування, конструювання, виробництва, ремонту, реновації, експлуатації об'єктів залізничного транспорту», «РН 15. Розробляти та оптимізувати параметри технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва вузлів, агрегатів та систем об'єктів залізничного транспорту», що зв'язані з дисципліною «МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗАДАЧАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» в освітній програмі «Локомотиви та локомотивне господарство» за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт».

На вивчення навчальної дисципліни відводиться<sup>6</sup> 150 годин / 5 кредитів ECTS.

<sup>6</sup> Надається загальний обсяг

## 2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни<sup>7</sup>

### Змістовий модуль 1. Теоретичні основи математичного моделювання

#### Тема 1. Предмет математичного моделювання.

Моделювання і його види. Математичне моделювання. Найпростіші математичні моделі. Теоретичні складові моделей. Моделювання в розрахунках рухомого складу. Методологія моделювання.

#### Тема 2. Загальна процедура та етапи математичного моделювання.

Значення ідеалізації та абстрагування при побудові математичних моделей динаміки та міцності вагонів. Степені вільності механічної системи. Розрахункові схеми, розрахункові режими. Обчислювальні алгоритми і програми. Адекватність моделі. Обробка результатів. Похибки моделювання. Точність обчислювального експерименту. Основні похибки обчислень. Інтерпретація результатів моделювання.

#### Тема 3. Структура і вигляд математичної моделі.

Структура математичної моделі. Вигляд математичної моделі. Розробка алгоритму. Програми розрахунку. Чисельні методи. Імітаційні моделі. Комп'ютерний експеримент. Методи планування комп'ютерного експерименту. Обробка і аналіз результатів моделювання. Адекватність математичної моделі.

#### Тема 4. Огляд сучасних комп'ютерних систем.

Огляд сучасних комп'ютерних систем. Універсальні пакети автоматизації розрахунків. Спеціалізовані програми для дослідження міцності рухомого складу. Спеціалізовані програми для дослідження динаміки рухомого складу. Верифікація. Валідація програм чи результатів.

### Змістовий модуль 2. Рішення спеціалізованих задач залізничного транспорту з використанням системи автоматизації розрахунків “Mathcad”

#### Тема 5. Система автоматизації розрахунків “Mathcad”.

Особливості системи Mathcad. Інтерфейс користувача, меню і команди. Панелі інструментів. Палітри математичних символів. Чисельні та символні розрахунки. Вхідна мова системи, використання. Формульний, графічний та текстовий редактори.

#### Тема 6. Використання вбудованих функцій системи “Mathcad”.

Дискретні змінні. Запис ступінчатих та розривних функцій за допомогою умовних функцій. Рішення систем лінійних і нелінійних алгебраїчних рівнянь. Рішення систем диференціальних рівнянь.

#### Тема 7. Обробка експериментальних даних.

Основні питання методології експериментальних досліджень. Апроксимація та інтерполяція експериментальних даних. Статистичний аналіз даних. Спектральний аналіз процесів. Пошук оптимальних значень. Керування розрахунковим процесом.

### Змістовий модуль 3. Математичне моделювання систем експлуатації і ремонту рухомого складу

**Тема 8.** Математичне моделювання динаміки вагона в програмному комплексі «Універсальний механізм».

Математичне моделювання динаміки вагона як системи твердих тіл. Метод підсистем. Тіло, шарнір та силовий елемент. Графічний образ, параметри та ідентифікатори. Завдання характеристик залізничної колії. Формування списку вихідних величин.

#### Тема 9. Моделювання динаміки поїзда в ПК «Універсальний механізм».

Моделювання динаміки поїзда в ПК «Універсальний механізм». Завдання опору руху поїзда, сил тяги чи гальмування. Візуалізація та інтерпретація результатів моделювання. Проведення дослідження динаміки за технологією обчислювального експерименту.

#### Тема 10. Структури представлення даних.

Аналіз і узагальнення структур представлення даних традиційних моделей даних. Реляційні моделі даних. Мережеві структури представлення даних.

<sup>7</sup> Надається повний тематичний план, до якого включаються всі теми без поділу на види занять

### Тема 11. Оцінка життєвого циклу.

Етапи життєвого циклу локомотива. Визначення життєвого циклу в нормативній документації. Витрати на життєвий цикл. Вартість життєвого циклу в наукових і практичних дослідженнях. Загальні питання вартості життєвого циклу в трактуванні виробників рухомого складу залізниць. Оптимізація вартості життєвого циклу рухомого складу з урахуванням його утилізації.

### 3. Рекомендована література

#### Базова

1. Володин А.И. Моделирование рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.И. Володин - М.: Машиностроение, 1988. 368 с.
2. Попов М.А. Математические модели: сборник лекций [Текст] / М.А.Попов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. 122 с.
3. Томашевський В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнична група ВНУ, 2005. 352 с.
4. Ершова Н.М. Математические модели в САПР: учебное пособие для вузов [Текст] / Н.М.Ершова, В.И.Ершов. - Гомель, 1992.-123 с.
5. Математичні моделі у розрахунках на ЕОМ. Навчальний посібник. - К.: КУЕТТ, 2000. 89 с.
6. Мороз В.І. Основи конструювання і САПР: навчальний посібник [Текст] / В.І. Мороз, О.В.Братченко, В.В. Ліньков – Харків: ПП Нове слово, 2003. 194 с.
7. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.С. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. 496 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XXI).
8. Леснікова І.Ю. Основи роботи та вирішення інженерних задач в у середовищі електронних таблиць Excel: навч. посібник [Текст] /І.Ю.Леснікова, Н.В.Халіпова, М.В. Терещенко – К.: Центр учбової літератури, 2007 – 186 с.
9. Владимир Дьяконов. Mathcad 8/2000: специальный справочник. - Из-во «Питер», 2000. 592 с.
10. Черняк Г.Ю. Моделювання вертикальної динаміки вантажного вагона в системі Mathcad (програмне забезпечення). – К.: КУЕТТ, 2004. 43 с.
11. Довганюк С.С., Черняк Г.Ю., Мартинова О.П. Комп'ютерне моделювання динаміки вагонів на основі диференціальних перетворювань. Навчальний посібник для студентів і аспірантів вищ. навч. закл. – К.: КУЕТТ, 2006. 184 с.
12. Волощенко А.Б., Джалладова І.А. В 68 Теорія ймовірностей та математична статистика: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. [Текст] – К.: КНЕУ, 2003. 256 с.
13. Теорія ймовірностей та математична статистика у прикладах і задачах: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] /О.Б. Жильцов; за ред. Г.О. Михаліна. — К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2015. 336 с.
14. Комп'ютерне моделювання залізничних транспортних засобів: методичні вказівки до виконання практичних робіт, курсового та дипломного проектування; для студентів усіх форм навчання спеціальності "Залізничний транспорт"[Текст] /М.І.Капіца, Я. Калівода, Л.О. Недужа, О.Б. Очкасов, Д.В. Черняєв. – Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018. 59 с.
15. Simulation of locomotive repair organization by the methods of queue systems theory /В.Е.Воднар, О.В.Очкасов, Е.В.Воднар, Т.С.Хрышечкина, М.В.Очеретнюк //Наука та прогрес транспорту, 2018. № 5. С. 28–40. DOI: 10.15802/stp2018/147740.
16. Підвищення ефективності оперативного керування локомотивним парком залізниць України [Текст]: монографія / Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора, Л.О. Сльнікова, М.І. Березовий; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : Герда, 2017. 164 с.
17. Очкасов О. Б. Дистанційний курс. «Математичні методи та моделі в спеціальних задачах»: [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=1379>
18. Зиновьев Д. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016: [Электрон. ресурс]. Режим доступу: <http://inventor.autocad-lessons.ru/>
19. Корнілова А. Аналіз даних та статистичне виведення на мові R [Електрон. ресурс]. Режим доступу: [https://courses.prometheus.org.ua/courses/IRF/Stat101/2016\\_T3/about](https://courses.prometheus.org.ua/courses/IRF/Stat101/2016_T3/about).
20. Бондаренко А. Візуалізація даних [Електрон. ресурс]. Режим доступу: [https://courses.prometheus.org.ua/courses/IRF/DV101/2016\\_T3/about](https://courses.prometheus.org.ua/courses/IRF/DV101/2016_T3/about).



### Допоміжна<sup>8</sup>

21. Венецкий И.Г., Кильдишев Г.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Статистика, 1975. 264 с.
22. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. 432с.
23. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. 210 с.
24. Ермаков С.М., Михайлов Г.Л. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. 168 с.
25. Зельдович Я.Б., Мышкин А.Д. Элементы прикладной математики. – М.: Наука, 1965. 302 с.
26. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968. 270 с.
27. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. 192 с.

4. Форма підсумкового контролю успішності навчання<sup>9</sup>: залік

### 5. Засоби діагностики успішності навчання

В освітньому процесі використовуються такі види контролю: поточний, рубіжний, семестровий контроль.

Поточний контроль проводиться на всіх видах занять у вигляді короткочасних аудиторних контрольних робіт, електронного тестування на сайті дистанційного навчання і домашніх контрольних робіт для заочної форми навчання. Інформація, одержана при поточному контролі, використовується для коригування методів і засобів навчання, а також для планування самостійної роботи здобувачів вищої освіти.

Семестровий контроль з дисципліни проводиться відповідно до навчального плану у вигляді семестрового заліку в терміни, встановлені графіком навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою дисципліни.

### Примітки:

1. Програма навчальної дисципліни розробляється на основі освітньої програми.
2. На підставі програми навчальної дисципліни складається робоча програма навчальної дисципліни.

<sup>8</sup> Нумерацію літератури продовжити

<sup>9</sup> Вказуються форми проведення семестрового контролю: усна, письмова, комбінована, тестування тощо.