



## Елементи операційного числення та теорії поля

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	<ul style="list-style-type: none"><li>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</li><li>Електричні машини і апарати</li><li>Електричні системи і мережі</li><li>Електричні станції</li><li>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність</li><li>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси</li><li>Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології</li><li>Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії</li><li>Системи забезпечення споживачів електричною енергією</li><li>Управління, захист та автоматизація енергосистем</li></ul>
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	II курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS/120 годин (лекцій – 36, практичних занять – 36, самостійна робота – 48)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/МКР/РГР
Розклад занять	Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; практичні заняття – 1 раз на тиждень
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.ф.-м.н. Гречко Андрій Леонідович, 0980097170 Практичні заняття: Трофимчук Олена Петрівна, доцент кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, канд. фіз.-мат. наук <a href="mailto:trofimch@imath.kiev.ua">trofimch@imath.kiev.ua</a> Вдовенко Тетяна Іванівна, асистент кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, канд. фіз.-мат. наук <a href="mailto:tanyavdovenko@meta.ua">tanyavdovenko@meta.ua</a> Цуканова Аліса Олегівна, асистент кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, канд. фіз.-мат. наук

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Елементи операційного числення та теорії поля» складено відповідно до програми підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

**Метою навчальної дисципліни** є поглиблення у студентів наступних компетентностей:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу;

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

K08. Здатність працювати автономно;

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

**Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:**

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти шкільним курсом математики та обов'язково повними курсами вищої математики 1 та 2 семестру. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення спеціальних курсів та «Фізика».

#### 2. Зміст навчальної дисципліни

##### **Розділ 1. Елементи операційного числення**

Тема 1.1. Перетворення Лапласа

Тема 1.2. Застосування перетворення Лапласу

##### **Розділ 2. Кратні інтеграли та теорія поля**

Тема 2.1. Подвійний інтеграл та його застосування

Тема 2.2. Потрійний інтеграл та його застосування

Тема 2.3. Криволінійні та поверхневі інтеграли та їх застосування

Тема 2.4. Елементи теорії поля

#### 3. Навчальні матеріали та ресурси

##### **Основна література**

1. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика: навчальний посібник / – Київ.: А.С.К., 2005. – 612 с.

2. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика. Збірник задач / Київ: А.С.К., 2005. – 480 с.

3. Вища математика: Підручник / Домбровський В.А., Крижанівський І.М., Мацьків Р.С., Мигович Ф.М., Неміш В.М., Окрепкий Б.С., Хома Г.П., Шелестовська М.Я.; за

редакцією Шинкарика М.І. –Тернопіль: Видавництво Карп'юка, 2003 - 480с. - ISBN 966-7946-15-0.

4. Збірник задач до розрахункових робіт з вищої математики. Збірник завдань [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. Л. Гречко, М. Є. Дудкін. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021 – 280 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41212>

5. Герасимчук В.С., Васильченко Г.С., Кравцов В.І., Вища математика. Повний курс у прикладах і задачах. Том 1. Навч. посіб. - К.: Книги України ЛТД, 2010. - 470 с. ISBN 978-966-2331-05-9.

#### **Додаткова література**

6. Клепко В.Ю., Голець В.Л., Вища математика в прикладах і задачах: Навчальний посібник. 2-ге видання. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 594 с. ISBN 978-966-364-928-3.

7. Математичний аналіз у задачах і прикладах: У 2 ч.: Навч. посіб. /Л. І. Дюженкова, Т. В. Колесник, М. Я. Лященко та ін. — К.: Вища шк., 2002. — Ч. 1. — 462 с. ISBN 966-642-034-1.

8. Овчинников П.П., Михайленко В.М., Вища математика: підручник. Ч.2. – К.: Техніка, 2004. – 792 с.

9. Операційне числення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для інженерних спеціальностей, для студентів, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Г. В. Журавська, Т. О. Карпалюк, І. М. Копась, Н. В. Рева. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 79 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23490>

10. Вища математика. Практикум. Навчальний посібник /О.Ю. Дюженкова, М.Є. Дудкін, І.В. Степахно. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 409 с. – Бібліогр.: 409 с. – електронне видання. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47504>

### **Навчальний контент**

#### **4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

##### **Лекційні заняття**

##### **Тема 1.1. Перетворення Лапласа**

**Лекція 1.** Перетворення Лапласа. Його основні властивості. Зображення елементарних Функцій.

**Лекція 2.** Основні теореми операційного числення. Приклади.

**Лекція 3.** Згортка функцій. Зображення згортки. Формула Дюамеля. Зображення періодичної функції. Теореми розкладу.

##### **Тема 1.2. Застосування перетворення Лапласа**

**Лекція 4.** Застосування перетворення Лапласа. Розв'язування диференціальних рівнянь, систем та обчислення інтегралів за допомогою перетворення Лапласа.

##### **Тема 2.1. Подвійний інтеграл та його застосування**

**Лекція 5.** Знаходження об'єму циліндричного тіла. Означення подвійного інтеграла. Його властивості, геометричний і механічний зміст. Обчислення подвійного інтеграла в декартових координатах. Заміна змінних у подвійному інтегралі. Обчислення подвійного інтеграла в полярних координатах.

**Лекція 6.** Застосування подвійних інтегралів до задач геометрії та механіки: площа плоскої фігури, об'єм циліндричного тіла, площа поверхні, маса неоднорідної пластини,

статичні моменти, координати центру мас, моменти інерції.

**Лекція 7.** Знаходження маси неоднорідного тіла. Означення потрійного інтеграла. Його механічний зміст та властивості. Обчислення потрійного інтеграла в декартових координатах. Заміна змінних у потрійному інтегралі. Обчислення потрійного інтеграла в циліндричних та сферичних координатах.

**Тема 2.2. Потрійний інтеграл та його застосування**

**Лекція 8.** Застосування потрійного інтеграла до задач геометрії та механіки: об'єм тіла, маса неоднорідного тіла, моменти інерції, статичні моменти, координати центру мас.

**Лекція 9.** Знаходження маси матеріальної неоднорідної кривої. Означення криволінійного інтеграла першого роду. Його властивості і механічний зміст. Обчислення криволінійного інтеграла першого роду в усіх випадках задання кривої інтегрування.

**Тема 2.3. Криволінійні та поверхневі інтеграли та їх застосування**

**Лекція 10.** Застосування криволінійного інтеграла першого роду до задач геометрії та механіки: довжина дуги кривої, маса матеріальної кривої, статичні моменти і моменти інерції, координати центру мас.

**Лекція 11.** Задача про роботу сили на криволінійному шляху. Означення криволінійного інтеграла другого роду, Його властивості, обчислення і механічний зміст. Формула Гріна. Незалежність від форми шляху інтегрування. Зв'язок між криволінійними інтегралами першого і другого роду.

СРС: Властивості криволінійного інтеграла другого роду.

**Лекція 12.** Означення поверхневого інтеграла першого роду. Його властивості та обчислення. Застосування поверхневого інтеграла першого роду до задач геометрії та механіки: площа поверхні, маса матеріальної поверхні, статичні моменти та моменти інерції, координати центру мас.

СРС: Властивості поверхневих інтегралів першого роду.

**Лекція 13.** Означення поверхневого інтеграла другого роду. Його обчислення. Формули Остроградського-Гауса, Стокса.

**Тема 2.4 Елементи теорії поля**

**Лекція 14.** Скалярне поле. Лінії та поверхні рівня. Похідна в даному напрямку. Градієнт скалярного поля. Векторне поле. Векторні лінії та трубки.

**Лекція 15.** Потік векторного поля крізь поверхню та його фізичне тлумачення. Дивергенція векторного поля. Інваріантне означення дивергенції. Фізичне тлумачення дивергенції. Теорема Остроградського-Гауса.

**Лекція 16.** Циркуляція і ротор векторного поля, їх інваріантне означення та фізичне тлумачення. Теорема Стокса.

**Лекція 17.** Класифікація векторних полів та їх основні властивості.

**Лекція 18.** Оператор Гамільтона. Його вираження. Диференціальні операції другого порядку. Оператор Лапласа, формули Максвелла.

**Практичні заняття**

Нижче наведено перелік практичних занять, основні питання занять співпадають з темою занять.

**Практичне заняття 1.** Перетворення Лапласа та його властивості.

**Практичне заняття 2.** Перетворення Лапласа. Знаходження оригіналів і зображень.

**Практичне заняття 3, 4.** Розв'язування диференціальних рівнянь, систем, обчислення інтегралів операційним методом.

**Практичне заняття 5, 6.** Подвійний інтеграл. Обчислення подвійного інтеграла в декартових координатах. Перехід до полярної системи координат.

**Практичне заняття 7.** Застосування подвійних інтегралів до задач геометрії та механіки.

**Практичне заняття 8, 9.** Площина.

**Практичне заняття 9.** Потрійний інтеграл. Обчислення потрійного інтеграла в декартових координатах. Перехід до циліндричної та сферичної координатних систем..

**Практичне заняття 10.** Застосування потрійних інтегралів до задач геометрії та механіки.

**Практичне заняття 11.** Еліпс, гіпербола, парабола.

**Практичне заняття 12.** Обчислення і застосування криволінійних інтегралів.

**Практичне заняття 13.** Скалярне поле. Лінії та поверхні рівня. Похідна в даному напрямку. Градієнт

**Практичне заняття 14, 15.** Векторне поле. Потік. Дивергенція. Теорема Остроградського-Гауса.

**Практичне заняття 16, 17.** Циркуляція. Ротор векторного поля. Теорема Стокса. Класифікація векторних полів.

**Практичне заняття 18.** МКР: "Операційне числення. Кратні інтеграли. Елементи теорії поля".

Структура роботи:

- Обчислення подвійного або потрійного інтегралу.
- 2. Розв'язання диференціального рівняння перетворенням Лапласа.
- 3. Приклад на обчислення потоку або циркуляції векторного поля.

#### **Розрахунково-графічна робота (РГР)**

У якості індивідуального завдання студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР), яка складається з двох частин. Перша частина відповідає темі розділу 1 і складається з 5 задач. Друга частини відповідає розділу 2 і складається з 15-20 задач. Тематика та завдання на РГР наведені у підручнику [4] розділу «Основна література».

#### **Самостійна робота студента**

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Тема 1.1. Перетворення Лапласа	4
2	Тема 1.2. Застосування перетворення Лапласу	4
3	Тема 2.1. Подвійний інтеграл та його застосування	4
4	Тема 2.2. Потрійний інтеграл та його застосування	4
5	Тема 2.3. Криволінійні та поверхневі інтеграли та їх застосування	4
6	Тема 2.4 Елементи теорії поля	6
7	Виконання та захист РГР	12
8	Підготовка до МКР	4
9	Підготовка до заліку	6
<b>Всього</b>		<b>48</b>

#### **6. Контрольні роботи**

Метою контрольних робіт є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач.

Одна модульна контрольна робота (МКР) тривалістю в одну годину (90 хв.). Кожен студент отримує свій індивідуальний варіант завдань (3-5 задач). Структура та орієнтовані приклади задач оголошуються викладачем на передостанньому занятті, сама МКР проводиться на останньому занятті.

## Політика та контроль

### 5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- **правила поведінки на заняттях:** студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Елементи операційного числення та теорії поля»;

- **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.**

### 6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**Поточний контроль:** МКР, виконання завдань РГР, тест.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 30 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
Менше 30	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульних контрольних робіт (МКР);
- виконання завдань на тесті.

Тест	РГР Частина 1	РГР Частина 2	МКР	Додаткові бали
10	15	45	30	10

### Тест

**Ваговий бал – 2.** Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 2 бали \* 5 питань = 10 балів.

Тест проводиться на практичних заняттях при розв'язанні студентом задач.

#### Критерії оцінювання

- питання вирішено вірно – 2 бали;
- питання вирішено з помилками – 1 бал;
- питання вирішено із значними помилками – 0,5 балів;

### Розрахунково-графічна робота

**Ваговий бал – 10.** Максимальна кількість балів за 2 частини РГР – 60.

Розрахунково-графічна робота (РГР) складається з двох частин, кожна з яких оформлюється та здається окремо у визначений лектором термін (перед атестацією). Кожна задача в РГР оцінюється в 3 бали.

До захисту на максимальний бал допускаються студенти, які у визначений викладачем термін виконали РГР та оформили її у відповідності до встановлених вимог. При здачі РГР на перевірку після встановленого терміну максимальний бал за захист РГР зменшується вдвоє. Захист РГР складається з усного опитування. Під час усного захисту викладач задає питання по змістовній частині РГР для визначення у студента рівня знать теоретичної частини та його розуміння методів вирішення завдань.

#### Критерії оцінювання усного етапу РГР:

- своєчасна здача роботи, розуміння представленого матеріалу, повні відповіді на запитання до захисту – 9-10 балів;
- своєчасна здача роботи, розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з деякими неточностями – 6-8 балів;
- - своєчасна здача роботи, не повне розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з значними неточностями – 1-5 балів.
- робота виконана, але студент взагалі не орієнтується у матеріалі/робота виконана із значними помилками – на доопрацювання.

### Модульна контрольна робота

Ваговий бал за МКР – 30. Максимальний бал за МКР складає 30 балів.

#### Критерії оцінювання

На модульній контрольній роботі студент має виконати 5 завдань за матеріалами Розділу 1 та Розділу 2. Кожне завдання оцінюється в 6 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

### Додаткові (бонусні) бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені додаткові бали. Один студент не може отримати більше ніж 10 бонусних балів у семестрі. При отриманні більш ніж 10

балів, вони обмежуються на рівні 10. Бонусний 1 бал може бути отриманий виключно на лекції за правильну відповідь на нетривіальне або складне запитання лектора за темою лекції.

#### **Форма семестрового контролю – залік**

Максимальна сума балів складає 100. Умовою допуску до заліку є зараховані обидві частини РГР та отримання 30 балів в рейтингу. За бажанням студента для підвищення оцінки в системі ECTS, виконується залікова робота. Остаточна оцінка формується додаванням балів рейтингу з балами залікової роботи.

**Залікова робота.** Залік проводиться за розкладом в режимі онлайн із записом. Студент за 2 години розв'язує 4 питання за структурою білета:

1. Теоретичне питання за розділом 1 та 2.
2. Задача за темою розділу 1.
3. Задача за темою розділу 2 (кратні інтеграли).
4. Задача за темою розділу 2 (теорія поля).

Кожне питання оцінюється в 10 балів. Перші питання в точності відповідають списку питань заліку.

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** Гречко А.Л., доцентом кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, канд. фіз.-мат. наук.

**Ухвалено** кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ (протокол № 9 від 7.06.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)