Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра відновлюваних джерел енергії

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА У ВІДНОВЛЮВАНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	*Перший (освітньо-професійний)*
Галузь знань	*14 «Електрична інженерія»*
Спеціальність	*141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
Освітня програма	*Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	3 *курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	4 *кредити ECTS /* 120 *годин (лекцій – 36, практичних занять – 18; самостійна робота - 66)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік/ МКР/*
Розклад занять	*1лекція 1 раз на тиждень, 1 практичне заняття на 2 тижня*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *д.ф.-м.н, професор, Гаєвський Олександр Юлійович, +380 975704643, aj.gaevsky@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://classroom.google.com/c/NTQ3NDg2NjQ3MjYw?cjc=bi7jobc*

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни "Методи оптимізації та математична статистика у відновлюваній енергетиці" складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів наступних компетенцій:*

К05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. К06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. К12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. К25.

Здатність застосовувати методи стандартизованих випробувань щодо визначення електротехнічних характеристик і конструктивних особливостей використовуваного електроенергетичного та електротехнічного обладнання і систем на його основі.К26. Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків,

Програмні результати навчання:

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах. ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками. ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним 11 забезпеченням.ПР27. Знати методики експериментальних досліджень електрофізичних процесів та явищ, що відбуваються у системах та електричних станціях на основі відновлюваних джерел енергі

1. **Зміст навчальної дисципліни**

РОЗДІЛ 1. Методи оптимізації

РОЗДІЛ 2. Теорія ймовірностей

РОЗДІЛ 3. Математична статистика

2. **Навчальні матеріали та ресурси**

1. *Попов Ю.Д., Тюптя В.І., Шевченко В.І. Методи оптимізації. Навчальний електронний посібник для студентів спеціальностей "Прикладна математика", "Інформатика", "Соціальна інформатика". − Київ: Електронне видання. Факультет кібернетики КНУ ім.Тараса Шевченка, 2003.−215 с*
2. *Ємець О. О., Пічугіна О. С., Маций О. Б., Коробчинський К. П. Навчальний посібник «Лінійне програмування» для студентів напрямів підготовки 122 Комп'ютерні науки та 121 Інженерія програмного забезпечення / Х. : ХНАДУ, 2019. – 102 с.*
3. *Мовчан А.П. Навчальний посібник: Методи статичної оптимізації. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 138 с.*
4. *Найко Д.А. Шевчук О. Ф. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. / Д.А. Найко, О.Ф. Шевчук – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 382 с.*

5. В. І. Авраменко, І. К. Карімов. Теорія ймовірностей і математична статистика. Навчальний посібник, 2-е видання. – Дніпродзержинськ: «ДДТУ», 2013. - 245 с.

6. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб./ О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабалюк. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212 с..

7. Mikkel L. Sørensen | Peter Nystrup | Mathias B. Bjerregård. Recent developments in multivariate wind and solarpower forecasting/ WIREs Energy Environ. 2022;e465 . - https://doi.org/10.1002/wene.465

8. Taghezouit, B., Harrou, F., Sun, Y., Arab, A. H., & Larbes, C. Multivariate statistical monitoring of photovoltaic plant operation. Energy Conversion and Management, 2020, vol. 205, 112317, doi:10.1016/j.enconman.2019.112317. – Режим доступу: https://repository.kaust.edu.sa/bitstream/handle/10754/661268/Manuscript-ECM-D-19-05195R1.pdf?sequence=1

9. Taghezouit, B.; Harrou, F.; Larbes, C.; Sun, Y.; Semaoui, S.; Arab, A.H.; Bouchakour, S. Intelligent Monitoring of Photovoltaic Systems via Simplicial Empirical Models and Performance Loss Rate Evaluation under LabVIEW: A Case Study. Energies ***2022***, 15*, 7955. https://doi.org/10.3390/en15217955*

Навчальний контент

1. **Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

Лекційні заняття (36 год.)

/п	***Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)***
	РОЗДІЛ 1. Методи оптимізації
1	*Задачі оптимізації у відновлюваної енергетиці. Цільова функція, Область допустимих значень. Умовні і безумовні задачі оптимізації. Класифікація методів чисельного пошуку екстремумів.* *Література: [1, 3]*
2	*Метод найменших квадратів. Задачі апроксимації експериментальних даних у відновлюваної енергетиці. Апроксимація характеристик обладнання модельними функціями.* *Література: [1, 3]*
3.	*Метод лінійного програмування. Формулювання лінійної екстремальної задачі. Графічна інтерпретація пошуку екстремума. Приклад оптимізації складу фотоелектричної станції за вартістю основного обладнання.* *Література: [1, 2]*
	РОЗДІЛ 2. Теорія ймовірностей та математична статистика

4	*Основні поняття і визначення. Означення ймовірності. Випадкова величина (ВВ). Дискретні ВВ. Закон розподілу для дискретних ВВ. Функція розподілу для дискретних ВВ. Неперервні ВВ. Щільність розподілу неперервної ВВ. Приклади.* *Література: [1, 3]*
5	*Системи випадкових величин. Функція розподілу двовимірної випадкової величини. Умовні закони розподілу. Умовні ймовірності. Ймовірність суми подій. Повна ймовірність. Формула Байєса. Незалежні випробування.* *Література: [4, 5]*
6	*Деякі види розподілів. Розподіл (функція розподілу) Бернуллі. Обчислення та графіки розподілу Бернуллі. Приклади. Узагальнена схема Бернуллі. Розподіл Пуасону. Властивості пуасонівського потоку подій. Ймовірність Рт влучення на відрізок l в точності т точок. Зв'язок розподілів Пуассона і біноміального. Ілюстрації розподілу Пуассона.* *Література: [4, 6]*
7	*Числові характеристики випадкових величин. Математичне очікування розподілів. Мода. Приклади обчислень. Медіана. Початкові та центральні моменти для дискретних і неперервних ВВ. Дисперсія. Середньоквадратичне відхилення. Асиметрія. Ексцес. Ілюстрації.* *Література: [5,6]*
8	*Характеристики основних законів розподілу випадкових величин. Характеристики біноміального розподілу. Розподіл Пуассона: МО і дисперсія. Рівномірний неперервний розподіл : МО і дисперсія. Експоненційний розподіл. Нормальний розподіл (гаусов). Графіки розподілів. Формули для числових характеристик.* *Література: [4-6]*
9	*Характеристична функція. Функції випадкових величин. Функції розподілу нормальних випадкових величин (Пірсона, Стьюдента). Центральна гранична теорема. Приклади з відновлюваної енергетики.* *Література: [4-6]*
10	*Багатовимірні випадкові величини. Багатовимірний закон розподілу.. Функція розподілу двовимірних випадкових величин. Властивості функції розподілу двовимірної ВВ. Умовні функції розподілу. Числові характеристики багатовимірних ВВ. Приклади з ВЕ.* *Література: [4-6]*
11	*Коваріація ВВ. Коваріаційна матриця і коефіцієнт кореляції. Кореляційна матриця. Кореляційний аналіз виробітку електроенергії ВДЕ-об'єктами та метеоумов.* *Література: [4,7]*
12	*Функції випадкових величин. Скалярна функція випадкових величин (ВВ). Випадковий вектор Властивості функцій ВВ. Неперервні функції випадкових аргументів. Розподіл Хи-квадрат (Пірсона).* *Література: [6]*
13	*Регресійний аналіз. Проста лінійна регресія. Покрокова регресія. Нелінійна регресія. Регресійний аналіз для прогнозування швидкостей вітру.* *Література: [7]*

	РОЗДІЛ 3. Математична статистика
14	*Основи математичної статистики. Предмет математичної статистики. Генеральна і вибіркова сукупності. Істинне значення ВВ. Вибірковий метод. Частоти та відносні частоти дискретної ВВ. Статистичний ряд. Об'єм вибірки. Кількість і довжина інтервалів групування. Варіаційний ряд* *Література: [4-6]*
15	*Статистичний розподіл вибірки. Графічне зображення статистичного розподілу. Числові характеристики статистичного розподілу. Приклади з ВЕ. Точкові оцінки.* *Література: [4,6]*
16	*Інтервальні оцінки. Довірчий інтервал. Довірча ймовірність. Довірчі інтервали для нормального розподілу. Мат очікування при відомої дисперсії. Мат очікування при невідомої дисперсії.* *Література: [4-6]*
17	*Технології аналізу даних. Мультіколінеарність багатовимірних даних. Гребнева регресія. Методи багатовимірного аналізу. Метод головних компонент. Факторний аналіз. Діскримінантний метод. Застосування до часових рядів даних моніторингу фото- та вітростанцій.* *Література: [7-9]*
18	*Задачі математичної статистики в фотоенергетиці, вітроенергетиці та області акумулювання електроенергії.* *Література: [7-9]*

Практичні заняття (18 год.)

№ з/п	***Назва теми практичного заняття***
1	*Методи оптимізації. Безумовна багатовимірна оптимізація в MATLAB*
2	*Оптимізація з обмеженнями*
3	*Оптимізація методом лінійного програмування*
4	*Одновимірні розподіли випадкових величин*
5	*Числові характеристики випадкових величин. Аналіз моніторингових даних інвертора ФЕС*
6	*Кореляція та регресія випадкових величин. Приклад моніторингу трьохфазного інвертора ФЕС*
7	*Статистичні вибірки та їх числові характеристики*
8	*Аналіз моніторингових даних виробітку ВЕС*
9	*Інтервальне оцінювання параметрів розподілів для моніторингових даних у ВЕ*

Самостійна робота студента

№з/п	*Вид самостійної роботи*	*Кількість годин СРС*
1	*Робота над завданнями, які отримані на практичних заняттях, виконання розрахунків*	*20*

2	*Підготовка до МКР*	*2*
3	*Самостійна робота з конспектом та з літературою*	*20*
4	*Створення алгоритмів та виконання розрахунків , удосконалення навиків роботи з ПК*	*18*
5	*Підготовка до заліку*	*6*

2. Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують не за присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, а за відповідну навчальну активність на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Має право використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.*
- *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, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Методи оптимізації та математична статистика у відновлюваній енергетиці»;*
- *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.*

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: опитування під час здачі практичних робіт, модульних контрольних робіт, експрес-опитування на лекціях.

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

Семестровий контроль: залік.

***Умови допуску до семестрового контролю**: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

1) *відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях.*
2) *Виконання індивідуальних практичних завдань*
3) *МКР*
4) *Залікова робота*

експрес-опитування Re	*Практичні заняття Rп*	*МКР Rм*	*Семестр рейтинг Rс*	*Залік Rз*
4	*80*	*16*	*100*	*100*

Робота в аудиторії

Дає можливість оцінити активність студентів та ступень їх розуміння матеріалу під час лекцій та практичних занять

Експрес-опитування

Критерії оцінювання

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях заняттях – 2 2 =4 балів*

Вірна та вичерпна відповідь на питання викладача 2 бал

Часткова відповідь на питання 1 бал

Інші оцінки не виставляються

Розв'язання задач на практичних заняттях:

- *самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – 2;*
- *розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття - 1*

Виконання практичних завдань

Критерії оцінювання

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів за всі практичні завдання $10 \times 8 = 80$ *балів.*

10 балів - Завдання виконано самостійно, без помилок, звіт не має зауважень; на питання викладача надані вірні відповіді.

9 балів - Завдання виконано самостійно, без помилок, але на одне питання викладача надана не точна відповідь;
8 балів - Завдання виконано самостійно, без помилок, але на декілька питань викладача надана не точна відповідь;
7 балів - Завдання виконано самостійно, але не повністю (>80%);
6 балів - Завдання виконано самостійно, але не повністю (але >70%), з несуттєвими помилками.
3-5 балів - Завдання за якістю відповідає попередньому критерію, але частина завдання виконана не самостійно.
2 бали - Завдання відповідає попередньому критерію, але на питання викладача надавалися невірні відповіді.
0 балів - Завдання є повною компіляцією роботи іншого студента.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 16. За період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділів лекційного матеріалу, пов'язаних оптимізаційними методами , та питаннями статистичної обробки даних. Модульна контрольна робота складається з теоретичних питань та задачі. Виконується як індивідуальне завдання згідно варіанту. Кожне питання сформоване з використанням матеріалу лекційних занять. Студент повинен надати розгорнуті відповіді на теоретичні питання, сформулювати сутність явищ, надати математичний опис. Перескладання МКР не заплановане.

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.
Максимальний рейтинг за семестр визначається за виразом:

$$R_S=R_e+ R_п+ R_M=4+80+16=100 \text{ балів}$$

Форма семестрового контролю *– залік.*

Критерії оцінювання заліку:

- *Рейтинг Rc ≥ 60 балів – зараховується автоматично.*
- *Рейтинг Rc < 60 балів – студент виконує залікову роботу, при цьому семестровий рейтинг не враховується.*
- *Максимальний рейтинг залікової роботи Rз = 100 балів.*
- *Рейтинг заліку Rз = 95-100 балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні та послідовні.*
- *Рейтинг заліку Rз = 85-95 балів – відповідаючи на питання, студент припустив не більше 2 помилок, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні та послідовні.*

- *Рейтинг заліку Rз = 75-85 балів – відповідаючи на питання, студент припустив окремі помилки, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть методів та алгоритмів, які вивчав.*

- *Рейтинг заліку Rз = 65-75 балів – студент частково відповідає на питання викладача, показує знання, але недостатньо розуміє суть методів. Відповіді непослідовні або нечіткі.*

- *Рейтинг заліку Rз = 60-65 балів – студент виконав частину залікової роботи (але>60%). Показав недостатні знання та розуміння суті методів і рішень. Відповіді непослідовні та нечіткі.*

- *Рейтинг заліку Rз < 60 балів – залікова робота виконана не повністю (менше 60%),у відповіді студент припускає суттєві помилки, демонструє нерозуміння суті методів. Відповіді некоректні, а в деяких випадках зовсім не відповідають суті поставленого питання.*

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

1. Методи вирішення оптимізаційних задач. Приклади з ВЕ
2. Методи умовної та безумовної оптимізації. Приклади з ВЕ
3. Метод лінійного програмування. Приклади з ВЕ.
4. Функції розподілу та щільності розподілу випадкових величин.
5.Числові характеристики випадкових величин.
6.Основні розподіли випадкових величин і характеристики розподілів.
7.Багатовимірні випадкові величини
8.Кореляційний та регресійний аналіз. Приклади з ВЕ
9.Статистичні розподіли вибірки. Приклади з ВЕ
10.Інтервальне оцінювання даних. Приклади з ВЕ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено *професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.ф.-м.н., Гаєвським О.Ю.*

Ухвалено *кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол №14від 24 травня 2024 р.).*

Погоджено *Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 20 червня 2024р.).*