



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Енергетичний менеджмент, електропостачання та інжиніринг електротехнічних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ЄКТС (лекційні заняття – 36 год., практичні заняття – 18 год., СРС – 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, модульна контрольна робота (МКР)</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д. т. н., професор Басок Борис Іванович, basok@ittf.kiev.ua Практичні заняття: к. т. н., старший викладач Лисенко Оксана Миколаївна, lisenko_oks@ukr.net. Консультації: щовівторка, 16:00-17:00</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjlxNzczNjAzNDY4?cjc=bq54te7</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Математичне моделювання систем і процесів в енергетиці» дозволить сформувати теоретичні знання та практичні навички з розгляду енергосистем, які передбачають використання інновацій та енергоефективних технологій в традиційній та відновлюваній енергетиці, з метою покращення ефективності, стійкості та безпеки генерації, постачання та кінцевого споживання енергії. Особлива увага приділяється розвитку перспективних світових енергетичних технологій. Це дасть змогу студентам у галузі електричної інженерії використовувати набуті знання для вирішення професійних задач високої складності. Програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів в енергетиці» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою опанування дисципліни є надання здобувачам, що проходять підготовку за другим магістерським рівнем вищої освіти, достатній обсяг теоретичних знань та практичних вмінь та навичок щодо інноваційних методів підвищення енергоефективності енергетичних та технологічних установок на основі застосування традиційної, альтернативної та відновлюваної енергетики; вторинних та місцевих енергоресурсів; систем накопичення чи/та

акумуляції та вилучення (використання) накопиченої енергії, а також реалізації заходів з декарбонізації світової і регіональної енергетики. Окремою ціллю є формування обізнаності з розвитку перспективних енергетичних технологій.

Предметом навчальної дисципліни є закономірності і тенденції енергоспоживання на основі традиційної, альтернативної та відновлюваної енергетики, вторинних і місцевих енергоресурсів, систем акумуляції та кінцевого використання енергії, а також розвитку перспективних енергетичних технологій на період до 2050 р., включаючи їх декарбонізацію..

Програмні результати навчання:

Компетентності: (ЗК1) здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; (ЗК6) здатність приймати обґрунтовані рішення; (ЗК8) здатність виявляти та оцінювати ризики. (ФК4) Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. (ФК8) Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Програмні результати навчання: (ПРН2) відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; (ПРН3) опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (ПРН5) аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах; (ПРН7) володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах у сфері інтелектуальних мереж та систем; (ПРН8) враховувати правові та економічні аспекти наукові досліджень та інноваційної діяльності; (ПРН17) демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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

До початку вивчення дисципліни студенти повинні щонайменше мати знання з математичних методів оптимізації в енергетиці, теорії нелінійних та магнітних кіл. Компетентності та програмні результати навчання, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для подальшого якісного виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Енергетика. Основні поняття та визначення.

Тема 2. Енергетика і забруднення навколишнього середовища.

Тема 3. Фундаментальна теплофізична інженерія будівель в контексті відновлення України.

Тема 4. Огляд новітніх енергетичних технологій.

Тема 5. Енергетична безпека України.

Тема 6. Теплові насоси як тренд низьковуглецевого розвитку енергетики.

Тема 7. Воднева енергетика в Україні – проблеми та виклики.

Тема 8. Системи енергетичних прогнозів.

Тема 9. Світовий енергетичний прогноз 2023 року (World Energy Outlook 2023, IEA).

Тема 10. Електричні мережі та безпечні енергетичні переходи.

Тема 11. Конференція ООН зі зміни клімату (2023 United Nations Climate Change Conference).

Тема 12. Тенденції енергоефективності 2023 року.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: монографія / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. — 340 с.
2. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: За заг. ред. акад. НАН України О. В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
3. Спеціальні розділи енергетики. Нетрадиційна та відновлювальна енергетика : підручник / Сінчук О. М. [та ін.]. Кременчук : Щербатих О. В. [вид.], 2017. 217 с.
4. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії : навч. посіб. / М. С. Сегеда, М. Й. Олійник, О. Б. Дудурич ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2019. 203 с.
5. Цифрова енергетика : [підручник] / [Є. І. Сокол та ін. ; за заг. ред. проф. Є. І. Сокола]. Харків : Бровін О. В. , 2022. 190 с.

Додаткова література

(факультативно / ознайомлення)

6. Недбайло О. М., Новіцька М. П., Ткаченко М. В., Божко І. К. Теплотехнічні особливості енергоефективної будівлі: монографія. Київ: «ПОЛОСАТКОТ», 2019. 194 с.
7. Організаційно-економічні механізми модернізації теплоенергетики України / під ред. Баска Б. І. Київ, 2015. 338 с.
8. Басок Б. І., Новосельцев О. В., Дубовський С. В., Базєєв Є. Т. Модернізація системи теплопостачання населених пунктів України. Теплофізика, Енергоефективність, Енергоекономіка, Екологія: монографія. Київ, 2018. 412 с.
9. Басок Б. І., Веремійчук Ю. А. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області: монографія. Київ: Видавничий дом «Каліта», 2018. 250 с.
10. Про енергетичну ефективність: Закон України від 21.10.2021 р. № 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
11. Довідкові матеріали до Енергетичної стратегії України до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», 2021. 30 с.
12. Міжнародне енергетичне агентство. URL: <https://www.iea.org/>
13. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/>

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є базова література [1]-[5]. Зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 18 годин практичних занять, а також виконання модульної контрольної роботи (МКР). Виходячи з розподілу часу на вивчення дисципліни, рекомендується дев'ять практичних занять (з врахуванням часу на МКР).

Практичні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь і досвіду оперувати сучасними поняттями в галузі енергетики, а саме вивчення математичних моделей, для аналізу процесів у електротехнічних та енергетичних комплексах і системах.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та практичні заняття, а також групові дискусії. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими технологіями: візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології,

зокрема електронні презентації для лекційних занять. Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи «Електронний кампус», платформи дистанційного навчання «Сікорський» на базі G Suite for Education, а також такими інструментами комунікації, як електронна пошта і Telegram. Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Енергетика. Основні поняття та визначення. Основні визначення, що використовуються при математичному моделюванні систем і процесів в енергетиці. Літературні джерела: [1, 2]
2	Енергетика і забруднення навколишнього середовища. Частина 1. Причини глобального потепління клімату Землі. Світові викиди парникових газів. Літературні джерела: [1, 3]
3	Енергетика і забруднення навколишнього середовища. Частина 2. Енергетична ефективність первинного енергоресурсу. Забруднення довкілля в Україні парниковими газами та шкідливими домішками димових газів енергетики. Літературні джерела: [1, 3]
4	Фундаментальна теплофізична інженерія будівель в контексті відновлення України. Частина 1. Стан енергоефективності будівель України. Контекст та Цілі Плану Відновлення України. Літературні джерела: [2, 5]
5	Фундаментальна теплофізична інженерія будівель в контексті відновлення України. Частина 2. Основні принципи та підхід до впровадження заходів з відновлення України. Літературні джерела: [2, 5]
6	Огляд новітніх енергетичних технологій. Характеристика категорій енергетичних технологій. Літературні джерела: [5]
7	Енергетична безпека України. Методологія системного аналізу та стратегічного планування. Визначення рівня та оцінювання загроз енергетичній безпеці. Літературні джерела: [1, 2]
8	Теплові насоси як тренд низьковуглецевого розвитку енергетики. Історія розвитку. Стан світового ринку теплових насосів. Літературні джерела: [3, 4]
9	Воднева енергетика в Україні – проблеми та виклики. Потенціал водневої енергетики в Україні. Стратегія впровадження водню. Літературні джерела: [3, 4]
10	Системи енергетичних прогнозів. Характеристика та особливості систем енергетичних прогнозів. Літературні джерела: [2, 5]
11	Світовий енергетичний прогноз 2023 року (World Energy Outlook 2023, IEA).

	Частина 1. Огляд і ключові висновки. Контекст і сценарний дизайн. Літературні джерела: [5]
12	Світовий енергетичний прогноз 2023 року (World Energy Outlook 2023, IEA). Частина 2. Регіональна інформація. Літературні джерела: [5]
13	Електричні мережі та безпечні енергетичні переходи. Частина 1. Огляд електромереж сьогодні. Ланцюги постачання електроенергії. Літературні джерела: [2]
14	Електричні мережі та безпечні енергетичні переходи. Частина 2. Тенденції в електромережі: старіння, взаємозв'язок і цифровізація. Драйвери розвитку електромереж. Літературні джерела: [2]
15	Конференція ООН зі зміни клімату (2023 United Nations Climate Change Conference). Частина 1. Швидка декарбонізація, зростання робочих місць і зміни в енергетиці та промисловості. Літературні джерела: [5]
16	Конференція ООН зі зміни клімату (2023 United Nations Climate Change Conference). Частина 2. Впровадження відновлюваної енергетики, енергоефективність, інновації в секторах з високим рівнем викидів, використання потенціалу водню та декарбонізація нафти та газу. Літературні джерела: [5]
17	Тенденції енергоефективності 2023 року. Частина 1. Енергоефективність і тенденції попиту. Літературні джерела: [4]
18	Тенденції енергоефективності 2023 року. Частина 2. Тенденції енергоефективності в транспорті, в промисловості, в будівлях. Літературні джерела: [4]

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Енергетика. Основні поняття та визначення. Літературні джерела: [1, 2]
2	Енергетика та глобальне потепління. Літературні джерела: [1, 3]
3	Огляд новітніх енергетичних технологій. Літературні джерела: [5]
4	Характеристика теплових насосів. Математичні моделі. Літературні джерела: [3, 4]
5	Воднева енергетика. Літературні джерела: [3, 4]
6	Світовий енергетичний прогноз 2023 року.

	<i>Літературні джерела: [5]</i>
7	<i>Електричні мережі та безпечні енергетичні переходи. Літературні джерела: [2]</i>
8	<i>Енергоефективність 2023. Написання МКР. Літературні джерела: [4]</i>
9	<i>Енергетична безпека України. Літературні джерела: [1, 2]</i>

6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
<i>1</i>	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	<i>32</i>
<i>2</i>	<i>Підготовка до МКР</i>	<i>4</i>
<i>4</i>	<i>Підготовка до екзамену</i>	<i>30</i>

Політика та контроль

7. 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 за це. 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;*
- правила захисту індивідуальних завдань: індивідуальні завдання не передбачені;*
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% від максимальної кількості балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів. Заохочувальні бали нараховують за участь у наукових конференціях, студентських конкурсах та олімпіадах, за написання статті та її публікацію. За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 8 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 5 балів. Штрафні бали не нараховуються*
- політика дедлайнів та перескладань: кожен студент зобов'язаний дотримуватися термінів виконання завдань у межах розкладу проведення аудиторних занять з дисципліни. Обов'язковим контрольним заходом оцінювання для допуску до екзамену є написання МКР. Студент, що з поважної причини (лікарняний, академічна мобільність тощо) не написав МКР,*

має право зробити це під час регулярних консультацій викладача згідно розкладу. Порядок перескладання семестрового контролю визначається загальними правилами університету¹.

- 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 «Математичне моделювання систем і процесів в енергетиці». Викладачі та студенти, що вивчають дану дисципліну, зобов'язані дотримуватися положень прийнятого в університеті Кодексу честі²;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

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

Поточний контроль: експрес-контролі на лекційних заняттях, робота на практичних заняттях, МКР.

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

Семестровий контроль: екзамен.

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

- роботу на лекційних заняттях;
- роботу на практичних заняттях;
- написання МКР на практичних заняттях;
- написання екзамену.

Робота на лекційних заняттях	Робота на практичних заняттях	МКР	Рекз	R
12	32	16	40	100

1. Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- експрес-контролі на лекційних заняттях;
- роботу на практичних заняттях (8 занять);
- виконання модульної контрольної роботи (1 контрольна робота у вигляді тесту).

2. Критерії нарахування балів:

¹ Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (Додаток 1 до наказу № 7-137 від 0.08.2020 р.). URL: https://kpi.ua/document_control

² Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». URL: <https://kpi.ua/code>

2.1. Експрес-контролі на лекційних заняттях оцінюються в 2 бали кожний. Максимальна кількість балів за експрес-контролі – 2 бали * 6 експрес-контролів = 12 балів. Експрес-контроль проводиться у вигляді усного опитування студентів безпосередньо на лекційному занятті. Необхідно дати відповідь на одне запитання. Правильна відповідь оцінюється в 2 бали.

2.2 Робота на практичних заняттях:

- активна творча робота – 3-4 бали;
- плідна робота – 1-2 бали;
- пасивна робота – 0 балів.

2.3. Модульна контрольна роботи оцінюються в 16 балів і складається з 16 тестових запитань, кожне з яких оцінюється в 1 бал.

3. Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 11 балів. Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 30 балів за умови зарахування ІРР.

4. Умовою допуску до екзамену є виконання контрольної роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два запитання. Кожне запитання оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 11-14 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

Тема 1. Енергетика. Основні поняття та визначення.

Тема 2. Енергетика і забруднення навколишнього середовища.

Тема 3. Фундаментальна теплофізична інженерія будівель в контексті відновлення України.

Тема 4. Огляд новітніх енергетичних технологій.

Тема 5. Енергетична безпека України.

Тема 6. Теплові насоси як тренд низьковуглецевого розвитку енергетики.

Тема 7. Воднева енергетика в Україні – проблеми та виклики.

Тема 8. Системи енергетичних прогнозів.

Тема 9. Світовий енергетичний прогноз 2023 року (World Energy Outlook 2023, IEA).

Тема 10. Електричні мережі та безпечні енергетичні переходи.

Тема 11. Конференція ООН зі зміни клімату (2023 United Nations Climate Change Conference).

Тема 12. Тенденції енергоефективності 2023 року.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими силабусом навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. У рейтинг здобувача можуть бути зараховані сертифікати проходження очних або дистанційних курсів за тематикою курсу на платформах Prometheus, Coursera тощо. Порядок визнання шляхом валідації результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті здобувачами усіх рівнів вищої освіти, які навчаються в КПІ ім. Ігоря Сікорського, викладено у Положенні про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (затверджено та уведено в дію наказом від 09.05.2023 р. № НОН/157/2023).

Для самостійного вивчення пропонуються відносно прості запитання, які носять у більшості випадків описовий характер, призначені для розширення кругозору студентів та повторення матеріалів, які вивчались у інших дисциплінах, та мають безпосереднє відношення до дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

*професор кафедри електропостачання, докт. техн. наук, професор,
Басок Борис Іванович*

Ухвалено кафедрою електропостачання (протокол № 21 від 7 червня 2023 р.).

Погоджено Методичною радою НН ІЕЕ (протокол № 9 від 22 червня 2023 р.).