



Моделювання енергетичних процесів і систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	6 кред. /180 год. (лекцій 36год., практич. занять. 36 год., СРС 108 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор/ Практичні заняття: д.т.н., ст. науковий співробітник, Верлань Андрій Анатолійович, verlandr@gmail.com , telegram, viber
Розміщення курсу	Кампус

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Моделювання енергетичних процесів і систем» – це важливий напрямок в комп'ютерній науці, що відіграє важливу роль у підготовці фахівців за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення. Метод математичного моделювання дозволяє виключити необхідність виготовлення громіздких фізичних моделей енергетичних об'єктів, пов'язаних з матеріальними витратами; скорочувати час визначення характеристик (особливо при розрахунку математичних моделей з використанням комп'ютерних технологій та ефективних обчислювальних методів і алгоритмів); вивчати поведінку енергетичного об'єкту моделювання при різних значеннях параметрів, прогнозуючи характер її змін з аналізу математичної моделі; аналізувати можливість застосування різних елементів; отримувати характеристики і показники, які складно отримувати експериментально (кореляційні, частотні, параметричної чутливості). Комп'ютерне моделювання прискорює процес створення і вивчення моделей енергетичних об'єктів. Його використовують для вивчення енергетичних об'єктів та процесів, які неможливо, дорого або небезпечно відтворювати в реальних умовах. Це дає змогу не лише економити

матеріальні ресурси, а й зберігати екологічні умови існування людини, уникати можливих шкідливих або руйнівних наслідків проведення випробувань. Впродовж навчальних занять здобувачі вищої освіти знайомляться з основами розв'язування прикладних задач методами математичного та комп'ютерного моделювання; з основними методами математичного опису енергетичних динамічних систем; розглядають питання про обчислювальну складність алгоритмів комп'ютерної реалізації моделей; досліджують і реалізують різні прийоми еквівалентних та апроксимаційних перетворень моделей, розробляють програмні засоби комп'ютерного моделювання. Дисципліна «Моделювання енергетичних процесів і систем для задач енергетики» (ПО 08) є обов'язковим освітнім компонентом, що належить до циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня магістра.

Метою навчальної дисципліни є: підготовка студентів до вирішення реальних завдань у галузі енергетики, пов'язаних із функціонуванням та оптимізацією енергетичних процесів і систем за допомогою математичного моделювання, що дозволяє ефективно використовувати ресурси та впроваджувати нові технології в сучасні енергетичні системи.

Зокрема, передбачається вивчення принципів моделювання складних енергетичних процесів і систем, що реалізують нові інформаційні технології, інструментальних (програмних і технічних) засобів моделювання процесів функціонування енергетичних об'єктів і систем, використання методики комп'ютерного та імітаційного моделювання з типовими етапами моделювання системи, а також формування у здобувачів вищої освіти основних понять та фундаментальних основ теорії математичного та комп'ютерного моделювання енергетичних об'єктів та вироблення відповідних умінь і навичок застосування теорії математичного та комп'ютерного моделювання та інформаційних технологій для розв'язування прикладних задач в енергетиці.

Завдання вивчення дисципліни: формувати теоретичні знання здобувачів вищої освіти про методи, засоби і технології моделювання енергетичних процесів і систем; розвивати практичні вміння та навички планування й організації обчислювальних експериментів, здійснення обробки отриманих результатів, застосування методів аналізу, контролю, та діагностування у розв'язуванні різноманітних прикладних задач енергетики. В результаті вивчення дисципліни студенти повинні: знати основні класи моделей енергетичних систем, технологію їх моделювання, принципи побудови моделей процесів функціонування таких систем; вміти формулювати завдання, виділяти вихідні дані і результати виконання проектних процедур, приймати рішення по використанню тієї чи іншої моделі з наявних бібліотек математичних моделей елементів і вузлів, формалізувати і будувати алгоритми моделей проєктованих об'єктів; мати уявлення про сучасні програмно-технічні засоби реалізації моделей; вміти використовувати метод математичного та комп'ютерного моделювання при дослідженні, проєктуванні і експлуатації енергетичних систем; мати уявлення про тенденції розвитку імітаційного моделювання.

Предметом навчальної дисципліни є вивчення теоретичних та прикладних аспектів моделювання в галузі енергетики. Студенти отримують знання та навички з розробки математичних моделей енергетичних систем, їх аналізу та оптимізації. Основний фокус курсу полягає в використанні математичних і комп'ютерних методів для моделювання та аналізу різних аспектів енергетичних процесів.

Відповідно до освітньої програми підготовки магістрів, вивчення навчальної дисципліни сприяє формуванню наступних компетенцій.

Загальні компетентності:

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 3 Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

ЗК 4 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК 5 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

Фахові компетенції:

ФК 2. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення.

ФК 6 Здатність ефективно керувати фінансовими, людськими, технічними та іншими проектними ресурсами у сфері інженерії програмного забезпечення.

ФК 7 Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.

ФК 12 Здатність розробляти програмні застосунки інтернету речей та сенсорних мереж.

ФК 18 Здатність моделювати енергетичні процеси і системи.

В той же час, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання:

ПРН 3 Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.

ПРН 9 Обґрунтовано вибирати парадигми і мови програмування для розроблення програмного забезпечення; застосовувати на практиці сучасні засоби розроблення програмного забезпечення.

ПРН 27 Вміти моделювати енергетичні процеси і системи.

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

Дисципліна «Моделювання енергетичних процесів і систем» базується на базових знаннях із сучасних технологій програмування, методики наукових досліджень, сучасних інформаційних технологій, а також знань, отриманих при вивченні наступних дисциплін: основи програмування та алгоритмічні мови, дискретна математика. У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщується тоді, коли студенти вже прослухали курси «Основи програмування», «Математичний аналіз», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Об'єктно-орієнтований аналіз та конструювання програмних систем», «Комп'ютерна дискретна математика» та набули певного досвіду у програмуванні і можуть виконати складні практичні роботи з даної дисципліни.

Отримані в результаті засвоєння дисципліни «Моделювання енергетичних процесів і систем» теоретичні знання та практичні уміння можуть бути корисні при вивченні курсу «Методологія інженерії програмного забезпечення», а також для проведення наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Зміст навчальної дисципліни повинен забезпечувати виконання мети і всіх завдань робочої програми.

Тема 1. Система. Структура та функції системи. Поняття стану системи. Класифікація систем. Параметри і характеристики системи. Модель - визначення, адекватність. Класифікація моделей (видів моделювання).

Тема 2. Види і властивості систем. Класифікації. Основні властивості систем. Системи - понятійний апарат. Структурний граф системи. Схема системного аналізу. Лінійна система.

Математичне моделювання- загальні визначення і принципи. Алгоритм використання методу математичного моделювання на комп'ютері.

Тема 3. Типи відносин вихідної і моделюючої систем. Математична та імітаційна моделі. Відношення подібності при отриманні імітаційної моделі. Аналітичне рішення для лінійної системи - відсутність вхідних впливів. Аналітичне рішення для лінійної системи: неоднорідне рівняння.

Тема 4. Моделювання детермінованих (невипадкових) сигналів: явний метод; метод комплексного представлення.

Тема 5. Методи моделювання випадкових величин: метод нелінійного перетворення.

Тема 6. Методи моделювання випадкових величин: метод Неймана (метод виключення); метод формування нормально розподіленої випадкової величини, що використовує центральну граничну теорему теорії ймовірності; релеєвський розподіл (метод нелінійного перетворення); релеєвський розподіл (використання двох датчиків з нормальним розподілом).

Тема 7. Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Види (форми) передавальної функції: нормальна форма; канонічна форма; форма простих множників. Використання передавальної функції для побудови диференціального рівняння, що описує систему. Опис у вигляді системи диференціальних рівнянь. Модель в просторі станів в нормальній формі. Моделювання з використанням бібліотечних функцій Mathcad. Рішення з використанням перетворення Лапласа (пряме/зворотне).

Тема 8. Модель в просторі станів при передавальної функції, заданої в канонічній формі. Модель в просторі станів при передавальної функції, заданої у формі простих множників. Побудова структурної схеми моделі передавальної функції. Розв'язання диференціальних рівнянь. Моделювання в MATLAB з використанням редактора рішень диференціальних рівнянь (редактор DEE).

Тема 9. Використання представлення системи у вигляді схеми, отриманої за диференціальним рівнянням для вирішення в Matlab. Розв'язання диференціальних рівнянь з використанням Matlab / Simulink. Використання бібліотечних функцій для розв'язання диференціальних рівнянь в Mathcad / Matlab.

Тема 10. Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь: метод Ейлера- Коші; метод Рунге-Кутта (4 -го порядку); методи дискретної апроксимації; метод відображення.

Тема 11. Моделювання в Matlab + Simulink систем, описаних в просторі станів. Матричне подання системи - простір станів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела

1. Верлань А. А., Федорчук В. А. Моделювання комп'ютерно-інтегрованих силових енергетичних установок: монографія. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2023. 296 с. ISBN 978-966-643-099-4 <http://elar.kpnu.edu.ua:8081/xmlui/handle/123456789/7554>
2. Верлань А.Ф., Верлань А.А., Ключка К.М., Федорчук В.А. Інтегральні динамічні моделі електричних кіл: Монографія. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2022. 172 с. ISBN 978-966-643-096-3
3. Дубовой В. М., Юхимчук М. С. Імітаційне моделювання в системі SCILAB/XCOS. Режим доступу: <https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa>

4. Лазарєв Ю. Ф. Початок програмування в середовищі Matlab: [Навч. посібн.] Київ : НТУУ «КПІ», 2003. 424 с. Режим доступу: <https://elprivod.nmu.org.ua/files/mathapps.pdf>
5. М'ястковська М.О., Щирба В.С., Щирба О.В. Математичне моделювання елементів економічних систем : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ ім. І. Огієнко, 2017. 82 с.
6. Томашевський В.М. Моделювання систем : Підручник для вищих навч. закладів. Київ : Видавнича група ВНУ, 2005. 352 с. Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tomashev_2005_352.pdf
7. Федорова О.В., Смирнова І.М. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Математичне моделювання процесів та систем механіки». Київ : Міленіум, 2017. 58 с.
8. Федорчук В. А., Іванюк В. А., Верлань Д. А. Інтегральні рівняння в задачах математичного моделювання : Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. 144 с.
9. Фельдман Л. П., Петренко А. І., Дмитрієва О. А. Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, Київ : Видавнича група ВНУ, 2006. 480 с. Режим доступу: <http://library.kre.dp.ua/Books.pdf>
10. Чорний О. П., Луговой А. В., Сисюк Г. Ю., Родькін Д. Й., та ін. Моделювання електромеханічних систем : Підручник. Кременчук, 2001. 376 с. Режим доступу: <https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling.pdf>
11. Чуйко Г. П., Дворник О. В., Яремчук О. М. Математичне моделювання систем і процесів : [навчальний посібник]. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. 244 с. Режим доступу: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream.pdf>
12. Stephen L. Campbell, Jean-Philippe Chancelier, Ramine Nikoukhah. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4. Springer Science, inc. New York, 2006. 313 p. Режим доступу: http://www.sze.hu/~molnarka/SCILAB/book_SCIALB.pdf
13. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. 392 с.
14. Чуйко Г.П., Дворник О.В., Яремчук О.М. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. 244 с.
15. Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Ч. 1. Вінниця: ВНТУ, 2013. 191с.
16. Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Ч. 2. Вінниця: ВНТУ, 2013. 235с.
17. Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник / за ред. М.С. Сегеди. 2-ге вид. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 606 с.
18. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2013. 201 с.

Додаткові джерела

19. "Introduction to Energy Analysis" by John R. Howell, Nick H.M. Van der Heijden, and Reuven Sussman.
20. "Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation" by Francis Vanek, Louis Albright, and Largus Angenent.
21. "Energy Systems Analysis for Sustainable Engineering: Concepts, Methods, and Applications" by Peter Gevorkian.
22. "Modelling and Simulation of Power Generation Plants" by Roland Kaczmarek and David Flynn.
23. "Optimization of Power System Operation" by Jizhong Zhu.

24. "Introduction to Operations Research" by Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman.
25. "Renewable Energy Systems: Simulation with Simulink® and SimPowerSystems™" by Viktor Perelmuter.
26. "Energy Systems Modeling and Analysis: Theory and Practice" by Hossam A. Gabbar.
27. "Modeling and Simulation of Discrete-Event Systems" by Byung H. Park and Moon Ho Lee.
28. "Energy Management and Operating Costs in Buildings" by David W. Hand and Howard J. Herzog.
29. "Power System Analysis" by John J. Grainger and William D. Stevenson.
30. "Energy Systems Engineering: Theory and Operation" by Francis Vanek, Louis Albright, and Carol M. Adkins.
31. "Applied Energy: An Introduction" by Mohammad Omar Abdullah.
32. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics" by Joseph M. Smith, Hendrick C. Van Ness, and Michael M. Abbott.
33. "Modeling, Analysis, and Control of Dynamic Systems" by William J. Palm III.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Перелік основних питань за темою лекції
Лекція 1	Система. Структура та функції системи. Поняття стану системи. Класифікація систем. Параметри і характеристики системи. Модель - визначення, адекватність. Класифікація моделей (видів моделювання).
Лекція 2	Види і властивості систем. Класифікації. Основні властивості систем. Системи - понятійний апарат. Структурний граф системи. Схема системного аналізу. Лінійна система.
Лекція 3	Математичне моделювання- загальні визначення і принципи. Алгоритм використання методу математичного моделювання на комп'ютері.
Лекція 4	Типи відносин вихідної і моделюючої систем. Математична і імітаційна моделі. Відношення подібності при отриманні імітаційної моделі. Аналітичне рішення для лінійної системи - відсутність вхідних впливів. Аналітичне рішення для лінійної системи: неоднорідне рівняння.
Лекція 5	Моделювання детермінованих (невипадкових) сигналів: явний метод; метод комплексного представлення.
Лекція 6	Методи моделювання випадкових величин - метод нелінійного перетворення.
Лекція 7	Методи моделювання випадкових величин: метод Неймана (метод виключення); метод формування нормально розподіленої випадкової величини, що використовує центральну граничну теорему теорії ймовірності.
Лекція 8	Методи моделювання випадкових величин: релеєвський розподіл - метод нелінійного перетворення); релеєвський розподіл - використання двох датчиків з нормальним розподілом).
Лекція 9	Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Види (форми) передавальної функції: нормальна форма; канонічна форма; форма простих множників. Використання передавальної функції для побудови диференціального рівняння, що описує систему.
Лекція 10	Моделювання систем, заданих передавальною функцією (продовження). Опис у вигляді системи диференціальних рівнянь. Модель в просторі станів в нормальній формі. Моделювання з використанням бібліотечних функцій Mathcad. Рішення з використанням перетворення Лапласа (пряме/зворотне).

Лекція 11	Модель в просторі станів при передавальній функції, заданої в канонічній формі. Модель в просторі станів при передавальній функції, заданої у формі простих множників.
Лекція 12	Побудова структурної схеми моделі передавальної функції. Розв'язання диференціальних рівнянь. Моделювання в MATLAB з використанням редактора рішень диференціальних рівнянь (редактор DEE).
Лекція 13	Використання представлення системи у вигляді схеми, отриманої за диференціальним рівнянням для вирішення в Matlab.
Лекція 14	Розв'язання диференціальних рівнянь з використанням Matlab / Simulink. Використання бібліотечних функцій для розв'язання диференціальних рівнянь в Mathcad / Matlab.
Лекція 15	Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь: метод Ейлера- Коші.
Лекція 16	Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь (продовження): метод Рунге-Кутта (4 -го порядку).
Лекція 17	Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь, чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь (продовження): методи дискретної апроксимації; метод відображення
Лекція 18	Моделювання в Matlab + Simulink систем, описаних в просторі станів. Матричне подання системи - простір станів.

Практичні заняття / Модульна контрольна робота

Основні завдання циклу практичних занять / модульної контрольної роботи полягають у набутті студентами практичних навичок з методів математичного та комп'ютерного моделювання енергетичних об'єктів та процесів.

№ з/п	Назва теми заняття
Практичні заняття	
1	Основи роботи з системою математичного моделювання MatLab. Побудова графіка на основі m-файлу.
2	Розв'язок рівнянь і систем рівнянь в системі MatLab.
3	Регресія та метод найменших квадратів в системі MatLab - отримати регресійний поліном стандартною функцією для заданої залежності та порівняти його з розрахованим за методом найменших квадратів
4	Задачі лінійного програмування в системі MatLab - в середовищі Matlab розв'язати задану задачу лінійного програмування.
5	Моделювання динамічних систем в MatLab.
6	Розв'язок диференціальних рівнянь в середовищі MatLab - в пакеті Matlab розв'язати задану систему рівнянь за вказаних початкових умов на заданому інтервалі. Результат вивести в графічному вигляді.
7	Моделювання складних систем в середовищі MatLab. Моделювання складних систем статистичними методами. Методу Монте-Карло. Приклад ймовірнісного моделювання.
Модульна контрольна робота	
8.1	Моделювання динамічних систем в пакеті аналогового моделювання динаміки Simulink системи MatLab. Модель системи регулювання складу газу в агрегаті синтезу аміаку - змоделювати систему, виділивши об'єкт управління і ПІД-регулятор у вигляді підсистем (EDIT\Subsystems). Розробити згідно із заданим варіантом динамічну модель об'єкту.
8.2	Моделювання динамічних систем в пакеті аналогового моделювання динаміки Simulink системи MatLab. Розрахунок температури теплоносіїв в теплообміннику - розробити

	згідно із заданим варіантом статичну модель теплообмінника як об'єкта з розподіленими параметрами. Дослідити зміну вихідних температур при однакових площах теплообміну і однакових вхідних температурах потоків у випадку прямого та протитоку.
--	--

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Методика навчання з цієї дисципліни має враховувати не тільки традиційні «аудиторні» засоби навчання, а й засоби дистанційного навчання (ДО). Це стає необхідним, якщо врахувати, що дисципліна викладає матеріал, що є підґрунтям новітніх інформаційних технологій, й тому повинна сама використовувати ці технології в самому процесі навчання. Швидкість розвитку інтелектуальних технологій призводить до того, що моральне старіння наукових розробок, зобов'язує уважно слідкувати за розвитком цієї галузі знань. В цьому питанні основним джерелом інформації може бути мережа Інтернет, з її необмеженими ресурсами. Студенти можуть отримати доступ до сайтів відомих університетів світу, а також до Інтернет-видань. При відсутності виходу в Інтернет корисним може бути використання внутрішньої сітки НТУУ «КШ». Курс має добре забезпечення електронними посібниками з вивчення інструментарію пакету Matlab/Simulink, а також достатньою кількістю навчально-методичних матеріалів на електронних носіях.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу
Тема 2	Побудова комп'ютерної моделюючої системи на основі застосування структурно-алгоритмічного методу [1,5,7,12,13].
Тема 7	Дискретне перетворення Лапласа, z-перетворення. z-передатна функція [3,8,11,15,17].
Тема 10	Інтегральні моделі динамічних об'єктів [1,2,10,14,15,18].

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для успішного проходження курсу та складання контрольних заходів необхідним є вивчення навчального матеріалу за кожною темою. Специфіка курсу передбачає акцент на розумінні підходів і принципів, отримання практичних навичок, а не просто запам'ятовування визначень. Кожен студент повинен ознайомитися і слідувати Положенню про академічну доброчесність, Статуту і розпорядку дня університету. Для успішного засвоєння програмного матеріалу студент зобов'язаний:

- не запізнюватися на заняття;
- не пропускати заняття, а в разі пропуску відновити за допомогою консультування з викладачем та з використанням конспекту на платформі дистанційного навчання «Сікорський», самостійно вивчити матеріал пропущеного заняття та скласти відповідні контрольні заходи в індивідуальному порядку;
- конструктивно підтримувати зворотній зв'язок на всіх заняттях;
- брати активну участь у освітньому процесі;
- своєчасно і старанно виконувати завдання для самостійної роботи;
- бути доброзичливим до однокурсників та викладачів;
- брати участь у контрольних заходах;
- за об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в дистанційній online формі за погодженням із деканом факультету);

– будь-яке копіювання або відтворення результатів чужої праці (у тому числі списування), якщо тільки робота не має груповий формат, використання чужих завантажених з Інтернету матеріалів кваліфікується як порушення норм і правил академічної доброчесності та передбачає притягнення винного до відповідальності, у порядку, визначеному чинним законодавством та Положенням про академічну доброчесність університету.

Результатом невиконання та/або недотримання правил може бути оцінка «не зараховано» за курс.

Пропущені контрольні заходи оцінювання. Кожен студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, мобільність тощо) заняття за рахунок самостійної роботи. Детальніше за посиланням: <https://kpi.ua/files/n3277.pdf>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання. Студент може підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право аргументовано оскаржити результати контрольних заходів, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.

Календарний контроль проводиться з метою підвищення якості навчання студентів та моніторингу виконання студентом вимог силабусу.

Критерій		Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю		Тиждень 8	Тиждень 14
Умови отримання позитивної оцінки	Поточний рейтинг	≥ 10 балів	≥ 30 балів

Академічна доброчесність. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки. Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни «Сталий інноваційний розвиток» 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.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

Призначення заохочувальних та штрафних балів Відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали оцінювання.

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Написання тез, статті, оформлення курсової роботи як наукової роботи для участі у конкурсі студентських наукових робіт (за тематикою навчальної дисципліни)	5-10 балів	-	-

Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	5-10 балів	-	-
Організування й участь у заходах з поширення інформації про Цілі сталого розвитку в Україні з отриманням сертифікату (http://sdg.org.ua/)	5-10 балів	-	-

Підготовка до семінарських занять та контрольних заходів здійснюється під час самостійної роботи студентів з можливістю консультування з викладачем у визначений час консультацій або за допомогою електронного листування (електронна пошта, месенджери).

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

Семестрова атестація проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала.

Поточний контроль: фронтальні опитування, участь у роботі семінарів, доповідання, електронне звітування, МКР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: Якщо семестровий рейтинг більше 60 балів студент може не виходити на залікову контрольну роботу, а отримати оцінку «автоматом».

Під час вивчення дисципліни проводиться поточний та підсумковий контроль успішності студентів. Завдання поточного контролю повинні носити практичний характер. Для поточного контролю рекомендується проведення модульної контрольної роботи. Для підсумкового контролю використовується рейтинг студента. Рейтингова оцінка з навчальної дисципліни формується з балів, що отримуються за 7 практичних робіт, модульну контрольну роботу. Студент може отримати додаткові бали за виконання додаткових завдань або підготовку доповіді на вказану тему. Семестровим контролем є іспит.

1) Практична робота.

Робота складається з практичної та теоретичної частини. Практична частина передбачає написання програмного коду згідно індивідуального завдання. Теоретична частина – відповіді на додаткові питання за темою лабораторної роботи.

Оцінюються 7 робіт, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал гПР=50.

Розподіл балів наступний:

- Практична робота 1: 5 балів;
- Практична робота 2: 5 балів;
- Практична робота 3: 7 балів;
- Практична робота 4: 8 балів;
- Практична робота 5: 8 балів;
- Практична робота 6: 8 балів;
- Практична робота 7: 9 балів.

Оцінювання практичних робіт:

- якщо робота виконана невчасно знімається 10-30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);

- якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;
- якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

2) Модульна контрольна робота.

Модульна контрольна робота складається з 2 задач з моделювання динамічних систем в пакеті аналогового моделювання динаміки Simulink системи MatLab за темами:

- Модель системи регулювання складу газу в агрегаті синтезу аміаку - змоделювати систему, виділивши об'єкт управління і ПД-регулятор у вигляді підсистем (EDIT\Subsystems). Розробити згідно із заданим варіантом динамічну модель об'єкту;
- Розрахунок температури теплоносіїв в теплообміннику - розробити згідно із заданим варіантом статичну модель теплообмінника - об'єкту з розподіленими параметрами. Дослідити зміну вихідних температур при однакових площах теплообміну і однакових вхідних температурах потоків у випадку прямогоку і протитоку).

На одному з лекційних занять проводиться модульна контрольна робота: Максимальний ваговий бал $\Gamma_{MKP} = 10$.

Оцінювання модульної контрольної роботи:

- якщо робота виконана невчасно знімається 10-30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);
- якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;
- якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

3) Штрафні та заохочувальні бали за:

- виконання додаткових завдань з підвищеною складністю;
- використання в лабораторних роботах самостійно вивчених тем.

Активне навчання - ініціативна самостійна робота в групах.

Створити групи – 2-5 студентів в групі. Обрати підтему. Опрацювати / зробити власний огляд за обраною підтемою, використовуючи як рекомендовані, так і будь які інші джерела. Підготувати коротку доповідь / презентацію до 10 хвилин. Надати списки груп з темами презентації старостам по мірі готовності. Надалі визначити дати презентацій / дискусій.

Умови допуску до екзамену: зарахування всіх практичних робіт, виконання модульної контрольної роботи, комп'ютерних практикумів, а також стартовий рейтинг r_c не менше 40% від $R_{max} = 100$, тобто 40 балів.

На екзамені білет складається з 3 питань: 1 та 2 - теорія за виданими питаннями, 3 - задача за аналогією з практичними роботами. Максимальний ваговий бал Γ_E 40 балів.

1 частина - підготовка теорії (без комп'ютерів).

2 частина - рішення задачі з комп'ютером.

3 частина - відповіді за білетом (теорія і пояснення рішення задачі).

Рейтинг – $\max 100 = 60$ (\max старт.бал) + 40 (\max екзамен).

Оцінювання:

- якщо робота виконана не в повному обсязі знімається 10-30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від кількості не виконаних умов завдання);
- якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;
- якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

Стартові бали r_c – виходячи з 60 макс. відповідно до успішності та атестації, з урахуванням бонусів та можливим урахуванням мінусів, а також – з урахуванням активності студента та участі у самостійній роботі у групах з підготовкою доповіді/презентації за додатковим матеріалом.

Розмір шкали рейтингових оцінок – 100 балів.

Рейтингова оцінка студента встановлюється за результатами виконання основних (обов'язкових) та додаткових видів робіт.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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 питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Основні властивості систем
2. Системи - понятійний апарат
3. Структурний граф системи
4. Схема системного аналізу
5. Лінійна система
6. Математичне моделювання. Загальні визначення і принципи
7. Алгоритм використання методу математичного моделювання на компютері
8. Типи відносин вихідної і моделюючої систем . Математична і імітаційна моделі
9. Відношення подібності при отриманні імітаційної моделі
10. Аналітичне рішення для лінійної системи - відсутність вхідних впливів
11. Аналітичне рішення для лінійної системи - неоднорідне рівняння
12. Моделювання детермінованих (не випадкових) сигналів. Явний метод
13. Моделювання детермінованих (не випадкових) сигналів . Метод комплексного представлення
14. Методи моделювання випадкових величин . Метод нелінійного перетворення
15. Методи моделювання випадкових величин . Метод Неймана (метод виключення)
16. Методи моделювання випадкових величин - окремі методи . Метод формування нормально розподіленої випадкової величини, що використовує центральну граничну теорему теорії ймовірності
17. Методи моделювання випадкових величин - окремі методи. Релеєвський розподіл (метод нелінійного перетворення)
18. Методи моделювання випадкових величин - окремі методи. Релеєвський розподіл (використання двох датчиків з нормальним розподілом)

19. Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Види (форми) передавальної функції - нормальна форма
20. Моделювання систем, заданих передавальною функцією . Види (форми) передавальної функції - канонічна форма
21. Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Види (форми) передавальної функції - форма простих множників
22. Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Використання передавальної функції для побудови диференціального рівняння, що описує систему
23. Моделювання систем, заданих передавальною функцією. Опис у вигляді системи диференціальних рівнянь. Модель в просторі станів в нормальній формі
24. Моделювання з використанням бібліотечних функцій Mathcad. Рішення з використанням перетворення Лапласа (пряме / зворотне)
25. Модель в просторі станів при передавальної функції, заданої в канонічній формі
26. Модель в просторі станів при передавальної функції, заданої у формі простих множників
27. Моделювання систем, заданих передавальною функцією . Побудова структурної схеми моделі передавальної функції
28. Розв'язання диференціальних рівнянь. Моделювання в MATLAB з використанням редактора рішень диференціальних рівнянь (редактор – DEE)
29. Використання представлення системи у вигляді схеми, отриманої за диференціальним рівнянням для вирішення в Matlab. Розв'язання диференціальних рівнянь з використанням Matlab / Simulink
30. Використання бібліотечних функцій для Розв'язання диференціальних рівнянь . Розв'язання в Mathcad / Matlab
31. Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь . Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Метод Ейлера- Коші
32. Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь . Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Метод Рунге-Кутта (4 -го порядку)
33. Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Методи дискретної апроксимації
34. Моделювання систем на основі рекурентних рівнянь. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Метод відображення
35. Моделювання в Matlab + Simulink систем, описаних в просторі станів. Матричне подання системи - простір станів

Інформаційне забезпечення.

Лекційний матеріал та презентації, рекомендована література та посилання. Додатковий матеріал за темами курсу, практичні приклади вирішення прикладних задач за темами курсу. Комп'ютерні практики за відповідними темами лекцій – завдання для виконання практичних робіт, методичні матеріали та інструкції з виконання практичних робіт, списки контрольних питань та необхідних навичок. Перелік питань за лекційним та практичним матеріалом, що винесені на екзамен, запропоновані теми на самостійну роботу в групах з підготовкою презентацій за обраною тематикою для подальших доповідей на семінарі та загальної дискусії, вимоги для проходження атестації, заліку та іспитів. Презентації груп студентів із самостійного дослідження за темами курсу, що були винесені на загальні дискусійні потокові семінари/конференції.

Форма проведення занять.

Лекції, практичні роботи, кейси, методологія навчання, орієнтована на студентів: активне навчання студентів, спільна робота в малих групах над завданнями, презентації груп студентів із самостійного дослідження за темами курсу, дискусії та обговорення.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та практичні зайняття, а також елементи роботи в командах, брейншторму та групових дискусій. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проектна технологія; 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», а також такими інструментами комунікації, як сайт викладача, електронна пошта, месенджери Telegram і Viber, Google Drive, Zoom, Microsoft Teams. Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Моделювання енергетичних процесів і систем»

Складено професором кафедри ІПЗЕ, д.т.н., ст. наук. співробіт. Верланем А.А.

Ухвалено кафедрою ІПЗЕ (протокол № 28 від 15.05.2023 р)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ¹ (протокол № 9 від 26.05.2023 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.