



Моделювання систем в енергетиці

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Цифрові технології в енергетиці
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс 7 семестр
Обсяг дисципліни	4,5 кредитів (135 год, лекцій 36 год, лаб. 18 год., СРС 81 год)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР, РР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/lecturers?lecturerId=2db3618e-901c-414c-9452-4d5b1b3631cf
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Д.т.н., П'яних Костянтин Євгенович, ryanykh67@gmail.com Лабораторні: Д.т.н., П'яних Костянтин Євгенович, ryanykh67@gmail.com Висоцька Олена Іванівна,
Розміщення курсу	Засоби Google Classroom, КАМПУС та E-mail.

Програма навчальної дисципліни

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

Згідно робочого навчального плану дисципліна «Моделювання систем в енергетиці» викладається студентам четвертого року підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Цифрові технології в енергетиці» у сьомому семестрі.

Курс спирається та забезпечує подальший розвиток у студента загальних компетентностей:

- ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 3 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 6 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК 7 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК 8 Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- ЗК 11 Здатність приймати обґрунтовані рішення;
- ЗК 12 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- ЗК 13 Здатність діяти на основі етичних міркувань.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів фахових компетентностей:

- ФК 4 Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач;
- ФК 5 Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх

оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії;

- ФК 6 Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики;

- ФК 7 Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів;

- ФК 8 Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- ПР 6 Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

- ПР 7 Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно– та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.

- ПР 21 Розуміти сутність фізичних явищ і процесів в енергетичних установках як бази для чисельних розрахунків та комп'ютерного моделювання.

- ПР 22 Вміти складати алгоритми чисельних розрахунків та комп'ютерні моделі фізичних явищ і процесів, що виникають в ході експлуатації енергетичного обладнання.

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

Пререквізити дисципліни. Дисципліна «Моделювання систем в енергетиці» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» викладається на 4 курсі після того, як студенти прослухали курси “Алгоритмізація та програмування”, “Основи фізики”, “Технології розробки програмного забезпечення”, «Чисельні методи в моделюванні енергетичних процесів» та набули певного досвіду у програмуванні і можуть виконати складні лабораторні роботи.

Постреквізити дисципліни. Отримані при вивченні дисципліни «Моделювання систем в енергетиці» знання та вміння мають стати основою для виконання курсових робіт з дисциплін, пов'язаних з моделюванням енергетичних агрегатів і систем, а також при підготовці дипломних робіт бакалаврів та магістрів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Моделювання систем в енергетиці. Загальні положення, терміни, поняття, задачі.

Сучасні системи електро- та теплотехнічного забезпечення, перспективи розвитку.

Розділ 2. Елементи системи розподіленої генерації. Моделі складових системи: сонячна енергетика, вітроенергетика, обладнання тепло- та електрогенерації, рекуперації теплоти. Будинки як цілісний енергетичний комплекс.

Розділ 3. Задачі моделювання в забезпеченні тепло- та енергопостачання. Задачі оптимізації.

Енергетична безпека.

Розділ 4. Складові технологічних процесів. Моделювання фізичних процесів для створення нових пристроїв та забезпечення експлуатації складних енергетичних систем. Моделювання та використання тренажерів складних енергетичних систем.

Розділ 5. Алгоритми сучасних програмних комплексів, спрямованих на вирішення задач моделювання в енергетиці. Використання Python в енергетиці та відновлюваній енергетиці.

Використання Python для вирішення задач оптимізації енергетичних систем. Приклади моделювання роботи енергетичної системи.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнецов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 304 с.
2. Форкун Я.Б. Сонячна теплоенергетика: конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми – «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») /Я.Б.Форкун, О.О.Шкурпела; Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020.– 88 с.
3. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика та ін. ; за заг. ред. А. С. Мандрики. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 330 с. ISBN 978-966-657-884-9
4. Olha SHULYMA, Vira SHENDRYK, Algirdas PAKSTAS. The model of decision-making In selecting the optimal configuration of the hybrid renewable energy systems // Silesian J. Pure Appl. Math. vol. 7, is. 1 (2017), 5–20
5. Jong-Min Yeom,¹ You-Kyung Seo,¹ Dong-Su Kim,² and Kyung-Soo Han. Solar Radiation Received by Slopes Using COMS Imagery, a Physically Based Radiation Model, and GLOBE// Hindawi Publishing Corporation Journal of Sensors Volume 2016, Article ID 4834579, 15 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4834579>
6. Bo Wang, Liming Zhang, Hengrui Ma, Hongxia Wang , and Shaohua Wan. Parallel LSTM-Based Regional Integrated Energy System Multienergy Source-Load Information Interactive Energy Prediction// Hindawi Complexity. Volume 2019, Article ID 7414318, 13 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/7414318>
7. APET. Rodziewicz, M. Rajfur. Numerical procedures and their practical application in PV modules' analyses. Parts I, II, III. // Opto-Electronics Review 27 (2019) p.p.39-57, 149–160; 28 (2020) pp.15-34
8. Hani Muhsen, Asma Alkhraibat and Ala'aldeen Al-Halhouli. Real-Time Simulation and Energy Management Attainment of Microgrids// Sustainability 2023, 15, 2696. 16 p. <https://doi.org/10.3390/su15032696>
9. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
10. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналіт. доп. / [Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Сменковський А. Ю., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.]; за заг. ред. О. М. Суходолі. – Київ : НІСД, 2020. – 178 с.
11. Brown, T, et al. 2018 PyPSA: Python for Power System Analysis. Journal of Open Research Software, 6: 4. DOI: <https://doi.org/10.5334/jors.188>
12. Нормативно-правові документи в енергетиці: Збірник задач [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк, О.І.Яценко – Електронні текстові дані (1 файл: 5,0 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – с.73.
13. 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.
14. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н.Нойбергер, Д. Ципленков; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с. ISBN 978-966-350-526-8
15. Mariam Gómez Sánchez, Yunesky Masip Macia, Alejandro Fernández Gil, Carlos Castro , Suleivys M. Nuñez González, and Jacqueline Pedrera Yanes. A Mathematical Model for the Optimization of Renewable Energy Systems// Mathematics, EISSN 2227-7390.2021 9,39 <https://doi.org/10.3390/math9010039>
16. Innovation landscape for a renewable-powered future: solutions to integrate variable renewables// International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2019. 164 p.

Додаткова література

17. Douglas R. Danley. Defining a Microgrid Using IEEE 2030.7// Business & Technology Surveillance. NRECA, November 2019, 10 p.
18. APET. Rodziewicz, M. Rajfur. Numerical procedures and their practical application in PV modules' analyses. Parts I, II, III. // Opto-Electronics Review 27 (2019) p.p.39-57, 149–160; 28 (2020) pp.15-34
19. Nkiruka Avila, Anna Brockway, Lara Egbeola-Martial, Khadija Lahlou, and Ryan Mann. Economic Optimization of Distributed Energy Resources// CE 295, MAY 6 2016, FINAL REPORT , 12 p.
20. Emma Blomgren, Ian Bolliger, Kevin Ma, Mathias Schmid. Home Energy Management System for off-grid Tiny House// CE 295 • Energy Control and Systems • March 18th 2016, 14 p.
21. І. О. КЛОПОВ. МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ// ISSN 2415-8453. Український журнал прикладної економіки. 2016 рік. Том 1. № 2. с.58-66
22. М. В. Кубкін, В. П. Солдатенко. Імітаційна модель комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії// Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, 2012, випуск 25, ч.ІІ с.192-202
23. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: монографія / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. — 340 с.
24. Xiaojun Zhu, Jianhua Zhu, Bencheng Wu, Minsheng Liu, Guoqing Wang, Zhenqi Zhu, Zhongxue Gan, Jing Zhang and Chuizhou Meng. Energy planning for an eco-city based on a distributed energy network// Zhu et al. Energ Sustain Soc (2021) 11:8 <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00285-6>
25. Тимчук С. О., Шендрік В.В., Шендрік С.О., Шулима О.В. Прийняття оптимальних рішень в мережах електропостачання з розподіленою генерацією// Електромеханічні системи, методи оптимізації та моделювання. Випуск 2/2016 (34) с.55-61.
26. Точений В.А. Моделі і методи розрахунку техніко-економічних характеристик вітрових електростанцій //Дисертація на здобуття н.с. к.т.н., Київ – 2015, 150 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. Моделювання систем в енергетиці. Загальні положення, терміни, поняття, задачі	
Тема 1.1 – Вступ. Предмет і задачі дисципліни. Терміни і поняття, історія питання.	
1	Еволюція систем енергопостачання. Сучасні системи електро- та теплозабезпечення. Перспективи розвитку систем
Тема 1.2 – Типи систем енергопостачання.	
2	Поняття «Циркулярна» і «Лінійна» економіка. Задачі переходу. Сучасні системи розподіленої генерації.
Розділ 2. Елементи системи розподіленої генерації	
Тема 2.1 – Модель сонячної електростанції та сонячного колектора	
3	Математична модель батареї сонячної електростанції як джерела електричної енергії. Алгоритм визначення вихідної потужності фотоелектричної батареї. Модель сонячного колектора як джерела теплової енергії
Тема 2.2 – Математична модель вітрового генератора.	
4	Кінетична енергія повітряного потоку. Залежність коефіцієнту потужності від властивостей повітряного потоку. Технічні обмеження та ефективність вітрогенераторів. Математична модель вітрогенератора.
Тема 2.3 – Математична модель ключових додаткових елементів системи енергопостачання на базі відновлюваних джерел енергії	
5	Задачі та особливості роботи накопичувачів енергії, втрати енергії в накопичувачах. Математичні моделі накопичувачів енергії: теплового та електричного акумуляторів
Тема 2.4 – Математична модель агрегатів гібридної системи енергопостачання	

6	Задачі та особливості роботи котла, дизель-генератора. Математична модель дизель-генератора, котла. Розрахунок процесу горіння. Визначення складу та об'єму продуктів згорання.
Тема 2.5 – Моделі сучасних енергозберігаючих теплових агрегатів	
7	Поняття та принцип роботи теплового насосу, рекуператора. Переваги цих агрегатів та умови експлуатації. Математична модель теплового насосу, рекуператора.
Тема 2.6 – Математична модель будинку	
8	Будинок як цілісний комплекс. Характеристики будинку як споживача теплової енергії. Втрати теплової енергії, баланс теплової енергії. Компенсація теплових втрат за рахунок роботи енергетичного обладнання.
Тема 2.7 – Сучасні та перспективні напрямки підвищення енергоефективності будівель	
9	Поняття пасивний та активний будинок. Порівняння схем тепло- та енергозабезпечення. Математична модель будинку як енергетичної системи
Тема 3. Задачі моделювання в забезпеченні тепло- та енергопостачання	
Тема 3.1 – Постановка та розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації	
10	Критерії оптимізації. Оптимізація по максимуму видачі потужності ВДЕ. Оптимізація по мінімуму споживання палив. Метод головної компоненти для розв'язання задачі оптимізації. Розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації з використанням узагальненого критерію оптимальності.
Тема 3.2 – Оптимізація гібридної системи, в якій передбачається генерація і споживання електричної та теплової енергії.	
11	Типові терміни і вживані методи прогнозування генерації змінної відновлюваної енергії. Накопичування, зберігання та аналіз графіку споживання електричної та теплової енергії.
Тема 3.3 – Побудування оптимізаційної моделі.	
12	Розробка оптимізаційної моделі функціонування будинку, обладнаного гібридними енергетичними системами за різними критеріями оптимізації
Тема 3.4 – Енергетична безпека.	
13	Методологічні підходи до аналізу енергетичної безпеки. Етапи оцінювання енергетичної безпеки. Формування комплексу моделей визначення енергетичної безпеки держави на основі композиції окремих складових. Діагностика загроз та моделювання їхнього впливу на енергетичну безпеку
Розділ 4. Розрахунок складових технологічних процесів.	
Тема 4.1 – Моделювання фізичних процесів для створення нових пристроїв та забезпечення експлуатації складних енергетичних систем.	
14	Поняття «паливний елемент», перспективи його застосування. Конструкція, математична модель паливногоеlementу. Розподіл струму, температури та концентрації твердооксидного паливного елементу. Процеси переносу в твердопаливному елементі.
Тема 4.2 – Математичне моделювання при розробці тренажерів в енергетиці	
15	Задачі математичного моделювання тренажерів. Математична модель першого контуру енергоблоку АЕС з реактором типу ВВЕР-1000. Математична модель реакторної установки, парогенератора, головного циркуляційного контуру, системи компенсації тиску в першому контурі
Розділ 5. Алгоритми сучасних програмних комплексів, спрямованих на вирішення задач моделювання в енергетиці	
Тема 5.1 – Використання Python в енергетиці та відновлюваній енергетиці.	
16	Pvlib python. Функції і класи для моделювання продуктивності фотоелектричних енергетичних систем. Алгоритми для визначення позиції, опромінення ясного неба, транспонування опромінення, живлення постійного струму та перетворення живлення постійного струму в змінний.
Тема 5.2 – Використання Python для оптимізації енергетичних систем	
17	PyPSA python - функції і класи для моделювання мереж змінного та постійного струму з керованими перетворювачами між мережами, стандартних типів для ліній і трансформаторів, звичайних диспетчеризованих генераторів, вітрових та сонячних генераторів, блоків зберігання

	енергії.
Тема 5.3 – Приклади застосування Python	
18	Результати моделювання роботи енергетичної системи з високою часткою відновлюваних джерел енергії.

N	Назва лабораторних робіт	Кільк. ауд.год
1	Побудування блок-схему енергетичного комплексу будинку з власною гібридною системою енергозабезпечення	2
2	Розробити програму розрахунку фотоелектричної сонячної електростанції	4
3	Розробка моделі розрахунку енергетичних потреб на опалення/охолодження будівель	4
4	Розрахункова робота. Модель розрахунку реновації житлової будівлі з техніко-економічним обґрунтуванням	2
5	Розробка імітаційних моделей обладнання, розрахованого на генерацію теплової та/або електричної енергії з використанням відновлених та викопних джерел енергії.	4
6	Модульна контрольна робота	2

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1	Моделювання панельних фотоелектричних систем: дослідження різних методів моделювання та визначення потужності сонячних панелей. ККД сонячних панелей.
2	Типи сонячних колекторів. Моделювання сонячних колекторів з оцінкою втрат теплової енергії.
3	Гідроелектростанції та гідроакумулюючі електростанції. Ефективність, властивості, важливість і місце в гібридних енергетичних системах
4	Розгляд можливості комбінування різних джерел генерації відновлюваної енергії та збереження енергії для забезпечення оптимальної ефективності та незалежності від зовнішніх постачальників та викопних енергоресурсів.
5	Обладнання для зберігання електричної та теплової енергії. Задачі сезонного акумулювання енергії. Проекти накопичувачів. Моделювання систем сезонного акумулювання енергії
6	Методи і задачі керування споживанням та управління енергетичними потоками в мікромережах. Модель мікромережі з урахуванням розподілу навантаження, регулюванням роботи електричних приладів та забезпеченням енергоефективності
7	Особливості вітрогенераторів з вертикальною віссю. Типи конструкцій. Особливості експлуатації. Математична модель вітрогенератора з вертикальною віссю.
8	Бібліотеки, спеціалізовані пакети для моделювання в енергетиці в сучасних програмних продуктах
9	Моделювання мікромереж: вивчення принципів та методів моделювання електричних мікромереж, які об'єднують розподілені джерела енергії, сховища енергії та споживачів.
10	Оптимізація системи енергозабезпечення з урахуванням джерел відновлюваної енергії: вивчення методів оптимізації та моделювання системи, що поєднує різні джерела енергії для досягнення максимальної ефективності та мінімізації використання викопних джерел енергії.

Під час навчання застосовується пояснювально-ілюстративний, частково-пошуковий, проблемний, дослідницький методи.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Кожен студент повинен ознайомитися і слідувати Положенню про академічну доброчесність, Статуту і розпорядку дня університету.

Відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковим за винятком поважних причин (хвороби, форс-мажорних обставин).

В разі пропуску з поважних причин лекцій студент самостійно опрацює матеріал пропущеного заняття та скласти відповідні контрольні заходи в індивідуальному порядку, практичних занять - викладач надає можливість студенту виконати усі або деякі лабораторні завдання (винятком є виконання деяких завдань у зв'язку із закінченням навчального процесу).

Для успішного засвоєння програмного матеріалу студент зобов'язаний:

- не запізнюватися на заняття;
- брати активну участь у освітньому процесі;
- конструктивно підтримувати зворотній зв'язок на всіх заняттях;
- своєчасно і старанно виконувати завдання для самостійної роботи;
- бути доброзичливим до однокурсників та викладачів;
- за об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватися індивідуально (в дистанційній on-line 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 мережі Інтернет 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.

Протягом семестру студенти:

- виконують та захищають лабораторні роботи у відповідні терміни;
- повинні позитивно закрити дві атестації;
- роблять розрахункову роботу;
- пишуть модульну контрольну роботу.

По закінченні навчального процесу складають екзамен.

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримав за наступні види навчальної діяльності:

1. Участь у бліцопитуванні на лекціях.
2. Виконання лабораторних робіт.
3. Написання розрахункової роботи (РР).
4. Написання контрольної роботи (МКР).

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Участь у бліцопитуваннях на лекціях

На лекціях може бути проведено бліцопитування студентів. Такі опитування проводяться на довільних лекціях 5 разів протягом семестру, наприкінці лекції. Ваговий бал за вірну відповідь - 2. Максимальна кількість балів, що може отримати кожен студент за семестр - 10.

2. Виконання лабораторних робіт

Оцінювання лабораторних робіт:

- 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%.
- Критерії нарахування балів за виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за виконання завдань лабораторних робіт складає 10 балів. Максимальна кількість балів за всі завдання дорівнює 10 балів x 4 = 40 балів.

Виконання кожного завдання оцінюється за наступними критеріями:

1. правильність отриманих результатів – від 1 до 7 балів;

2. зручний інтерфейс користувача –1 бал;
3. інтерактивне введення параметрів методу – 1 бал;
4. динамічні зміни на екрані – 1 бал;

Мінімальна кількість для зарахування лабораторної роботи складає 6 балів (60%)

3. Виконання розрахункової роботи

Максимальна кількість балів за розрахункову роботу дорівнює 10 балів. На розрахункову роботу виноситься одне практичне питання.

Розрахункова робота оцінюється наступним чином:

1. правильність використання математичної моделі для обчислення – 8 бали;
2. правильність написання псевдокоду – 2 бали.

Мінімальна кількість балів для зарахування розрахункової роботи складає 6 балів (60%)

4. Модульна контрольна робота

На останньому лабораторному занятті проводиться модульна контрольна робота: максимальний ваговий бал – 10.

На модульну контрольну роботу виносяться два теоретичні питання.

Контрольна робота оцінюється наступним чином:

1. правильність написання кожного теоретичного питання - 4 бали;
2. надання прикладу на завдання – 1 бал;

Оцінювання модульної контрольної роботи виконується наступним чином:

- якщо питання дано повну та чітко аргументовану відповідь, виставляється 80-100% від максимальної кількості балів.

- якщо методика виконання запропонованого завдання розроблена вірно, але допущені неprincipові помилки у теоретичному описі, то виставляється 60-80% від максимальної кількості балів.

Мінімальна кількість балів для зарахування контрольної роботи складає 6 балів (60%)

- За активність на лекціях та виконання домашніх робіт нараховується максимум – 10 балів.

5. Складання іспиту

Максимальний ваговий бал $R_{\text{ісп}} = 30$

На іспиті студент виконує письмову контрольну роботу, яка містить два теоретичних питання і одне практичне питання. Теоретичні питання оцінюються по 12 балів, практичне - 6 балів. Критерії оцінювання:

– «відмінно», повна відповідь на теоретичне питання – 10-12 балів, практичного завдання 6 балів;

– «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) на теоретичне питання – 8-9 балів, практичне – 5;

– «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) на теоретичне питання – 7 балів, на практичне - 4 бали;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Необхідною умовою допуску до іспиту є здача всіх лабораторних робіт, розрахункової та модульної контрольних робіт, а також стартовий рейтинг (R_c) не менше 42 балів (60%).

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума балів контрольних заходів протягом семестру (шкала рейтингу) складає:

$$R = R_{\text{лр}} + R_{\text{бл.оп.}} + R_{\text{рр}} + R_{\text{мкр}} + R_{\text{ісп}} = 40 + 10 + 10 + 10 + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Максимальний стартовий рейтинг становить

$$R_c = R_{\text{лр}} + R_{\text{рр}} + R_{\text{мкр}} + R_{\text{бл.оп.}} = 40 + 10 + 10 + 10 = 70 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Шкала оцінювання

Бали (RD)	Традиційна оцінка
95..100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо

$RD \leq 60$	<i>Незадовільно</i>
$RD < 42$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	<i>Не допущений</i>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри ЦТЕ, д.т.н., П'яних Костянтином Євгеновичем

Ухвалено кафедрою цифрових технологій в енергетиці (протокол № 21 від 30.05.2024)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 31.05.2024)