

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ВК 03 «Математичне моделювання систем
та процесів техногенно-екологічної безпеки»**

вибіркова,
денна форма здобуття освіти

за освітньо-науковою програмою «Техногенно-екологічна безпека»

підготовки доктора філософії

у галузі знань 18 «Виробництво та технології»

за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

мова навчання українська

Рекомендовано кафедрою прикладної
механіки та технологій захисту
навколишнього середовища
на 2023–2024 навчальний рік.
Протокол від «28» серпня 2023 р. № 19

Силабус розроблений відповідно до робочої програми обов'язкового професійного освітнього компонента ВК 03 «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки»

2023 рік

Загальна інформація про навчальну дисципліну

Анотація навчальної дисципліни

Курс навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки» (ММСтаПТЕБ) (компонент ВК 03 у робочому навчальному плані (РНП) за освітньо-науковою програмою (ОНП) «Техногенно-екологічна безпека» (ТЕБ)) покликаний забезпечити теоретичну й практичну основи та усіляко сприяти формуванню у майбутнього науковця з технологій захисту навколишнього середовища (ТЗНС) системи теоретичних знань і практичних навичок у сфері питань фахової діяльності та власних профільних наукових досліджень для побудови ТЗНС на основі відповідної системи управління екологічною безпекою (СУЕкБ). Важливою складовою курсу є вивчення теоретичних основ математичного моделювання та результатів його практичного застосування щодо розробки систем забезпечення ТЕБ та процесів у них. При цьому кінцевим результатом навчання виступає набуття здобувачами вищої освіти (ЗВО) третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ступеня «Доктор філософії» практичних навичок створення теоретичного підґрунтя наукових засад нових технологій захисту НПС, а саме створення нових і вдосконалення існуючих математичних моделей процесів у системах забезпечення ТЕБ та їх практичного застосування для вирішення задач у галузі ТЗНС і ЕкБ. Стратегічно вищеозначену глобальну ціль у цьому курсі занять досягають шляхом послідовної реалізації наступних кроків: вивчення теоретичних основ математичного моделювання, ознайомлення з практичними аспектами та результатами застосування математичного моделювання процесів у системах забезпечення ТЕБ, тобто ТЗНС та їх виконавчих пристроїв, СУЕкБ тощо.

Опанування навчального компоненту ВК 03 «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки» для денної форми здобуття освіти займає 1 семестр, вміщує 3 кредити ЄКТС (90 годин) та пропонується у 5 семестрі, тобто на 3 курсі підготовки, містить 40 години (20 занять) аудиторних та 50 годин самостійної роботи, з яких 16 години (8 занять) – лекції, 24 годин (12 занять) – практичні заняття, передбачає підготовку і захист 2 модульних контрольних робіт (МКР), завершується складанням екзамену.

Інформація про науково-педагогічних працівників

Загальна інформація	Колосков Володимир Юрійович, завідувачкафедриприкладної механіки та технологій захисту навколишньогосередовища факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент
Контактна інформація	м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 601. Робочий номер телефону – 707-34-07.
E-mail	koloskov@nuczu.edu.ua
Наукові інтереси	– міцність конструкцій та матеріалів на полігонахтвердихпобутових відходів у екстремальних умовах;

	<ul style="list-style-type: none"> – технології моніторингу об'єктів підвищеної небезпеки; – технології захисту навколишнього середовища
Професійні здібності	<ul style="list-style-type: none"> – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та патентної літератури; – навички розробки моделей поведінки конструкційних матеріалів під дією факторів пожежі, у тому числі звикористанням сучасної комп'ютерної техніки
Наукова діяльність за освітнім компонентом	Профіль у Google Scholar: https://scholar.google.com.ua/citations?user=gP6w7a8AAAAAJ Профіль у ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9844-1845 Профіль у SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203686820 Профіль у Web of Science: https://publons.com/researcher/Q-9847-2018

Загальна інформація	Кондратенко Олександр Миколайович, професор кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, доктор технічних наук, доцент
Контактна інформація	м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 604. Робочий номер телефону – 707-34-07.
E-mail	kondratenko@nuczu.edu.ua
Наукові інтереси	<ul style="list-style-type: none"> – екологічна безпека процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ; – критеріальне оцінювання показників рівня екологічної безпеки; – матеріалознавство у галузі наноматеріалів та напівпровідників; – технології захисту навколишнього середовища від газоподібних та аерозольних викидів транспорту; – метрологічні аспекти оцінювання показників рівня екологічної безпеки; – прикладна механіка текучих середовищ у технологіях захисту навколишнього середовища; – актуальні питання пакувальної індустрії
Професійні здібності	<ul style="list-style-type: none"> – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та патентної літератури; – навички аналітичних (розрахунки та моделювання) досліджень, пов'язаних з критеріальним оцінюванням показників рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ; – навички експериментальних досліджень, пов'язаних з визначенням техніко-економічних та екологічних показників роботи енергоустановок з поршневим ДВЗ; – проектування та побудова випробувальних стендів, експериментальних діючих зразків, комплексів засобів вимірювальної техніки
Наукова діяльність за освітнім компонентом	Профіль у Google Scholar: https://scholar.google.com.ua/citations?user=0I1bJMCAAAAAJ Профіль у ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9687-0454 Профіль у SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57144373800

	Профіль у Web of Science: https://publons.com/researcher/1965346/alexandr-m-kondratenko/
Загальна інформація	Бабакін Вадим Миколайович, викладач кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, доктор юридичних наук, доцент
Контактна інформація	м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 606. Робочий номер телефону – 707-34-07.
E-mail	Vadon7373@gmail.com
Наукові інтереси	<ul style="list-style-type: none"> – сучасні форми організації наукової діяльності; – хімічні технології у екологічній безпеці; – правові аспекти технологій захисту навколишнього середовища; – захист права інтелектуальної власності; – інформаційне забезпечення наукових досліджень; – побудова технологій захисту довкілля; – оцінювання чинників забруднення компонентів довкілля.
Професійні здібності	<ul style="list-style-type: none"> – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та юридичної літератури; – навички аналітичних (розрахунки та моделювання) наукових досліджень; – навички експериментальних наукових досліджень; – навички апробації, публікації та впровадження результатів наукових досліджень; – навички розробки навчально-методичного забезпечення освітніх компонентів; – навички захисту права інтелектуальної власності на результати наукових досліджень; – навички організації наукових досліджень.
Наукова діяльність за освітнім компонентом	Профіль у Google Scholar: Профіль у Google Scholar: https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=AGmUP4EAAAAJ Профіль у ORCID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7157-0241 Профіль у SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58568975500

Загальна інформація	Душкін Станіслав Сергійович, доцент кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент.
Контактна інформація	м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 604. Робочий номер телефону – 707-34-07.
E-mail	dushkin@nuczu.edu.ua
Наукові інтереси	<ul style="list-style-type: none"> - системи водопостачання та водовідведення; - технології захисту навколишнього середовища у системах водопостачання та водовідведення; - технології захисту водних ресурсів;

	- підготовка води до питної якості.
Професійні здібності	- навички аналітичних та експериментальних досліджень процесів функціонування систем водопостачання, наявність патентів на винаходи та корисні моделі у галузі очищення природних та стічних вод.
Наукова діяльність за освітнім компонентом	-участь у конференціях; - написання та публікація наукових статей. Профіль у Google Scholar: https://scholar.google.com.ua/citations?user=U9Wz1tUAAAAJ Профіль у ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9345-9632 Профіль у SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57209021455 Профіль у Web of Science: https://publons.com/researcher/AAK-8407-2020/

Загальна інформація	Векшин Віталій Олександрович, старший викладач кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, моб. +38-050-902-74-52
Контактна інформація	м. Харків, вул. Чернишевська, 94, Кафедра прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища.
E-mail	vekshyn@nuczu.edu.ua
Наукові інтереси	– технологія неорганічних речовин; – кінетика та каталіз; – очищення газових викидів від токсичних речовин; – технології та обладнання очищення питної, стічної та оборотної води; – біохімічні показники живих організмів в нормі та патології; – статистичний аналіз та математичне моделювання.
Професійні здібності	– навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та патентної літератури; – навички експериментальних досліджень, пов'язаних з вивченням хімічних, фізико-хімічних та кінетичних закономірностей процесів каталітичного низькотемпературного відновлення промислових викидних газів від оксидів нітрогену; – навички аналітичних (розрахунки та моделювання) досліджень процесів каталітичного низькотемпературного відновлення промислових викидних газів від оксидів нітрогену; – навички статистичних розрахунків в галузі біології, біохімії та медицині; – ремонт та обслуговування лабораторного обладнання та засобів вимірювальної техніки
Наукова діяльність за освітнім компонентом	Профіль у Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=nI6ONvYAAAAJ&hl=en Профіль у ORCID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-2834-8773 Профіль у SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57208259248

Час та місце проведення занять з навчальної дисципліни

Аудиторні заняття з навчальної дисципліни проводяться згідно

затвердженого розкладу у очному, дистанційному чи змішаному форматі. Електронний варіант розкладу розміщується на сайті Університету (<http://rozklad.nuczu.edu.ua/timeTable/group>).

Консультації з навчальної дисципліни проводяться впродовж семестру у час та в кабінеті (аудиторії) за розкладом консультацій або у форматі відеоконференції у системі Zoom (посилання надається викладачем окремо). В разі додаткової потреби здобувача в консультації час погоджується з викладачем.

Мета вивчення навчальної дисципліни

Формування у майбутнього науковця з ТЕБ, зокрема ТЗНС, системи теоретичних знань і практичних навичок у сфері прикладного використання інформації з математичною обробкою, отриманої в результаті досліджень, як теоретичної основи для побудови ТЗНС на основі відповідної СУЕкБ; вивчення і використання принципів і методів моделювання систем як частини практичної розробки та впровадження сучасних інноваційних ТЗНС; планування, організації, реалізації та впровадження сучасного інструментарію, методів та способів прикладного використання інформації з математичною обробкою; вивчення основних напрямів наукової діяльності з розробки та впровадження математичних моделей у ТЗНС.

Місце навчальної дисципліни у освітньо-науковій програмі визначається тим, що результати навчання, набуті здобувачами вищої освіти під час опанування навчальної дисципліни «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки», стануть в нагоді при опануванні ОК 08 «Технології захисту довкілля» та ОК 09 «Технології і методи контролю показників якості довкілля», а також при здійсненні досліджень за усіма розділами дисертаційної роботи та при підготовці до її захисту.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Форма здобуття освіти	
	Очна (денна)	Заочна (дистанційна)
Статус дисципліни	вибіркова	
Рік підготовки	3-й	
Семестр	5-й	
Обсяг дисципліни:		
– в кредитах ЄКТС	3	
– кількість модулів	2	
– загальна кількість годин	90	
Розподіл часу за навчальним планом:		
– лекції (годин)	16	
– практичні заняття (годин)	24	
– семінарські заняття (годин)	–	
– лабораторні заняття (годин)	–	

– курсовий проект (робота) (годин)	–	
– інші види занять (годин)	–	
– самостійна робота (годин)	50	
– індивідуальні завдання (науково-дослідне) (годин)	–	
– підсумковий контроль	екзамен	

Передумови для вивчення дисципліни

Раніше мають бути опановані навчальні дисципліни ОК 03 «Управління науковими проектами та інтелектуальна власність», ОК 08 «Технології захисту довкілля», ОК 10 «Технології утилізації небезпечних відходів» та ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження полютантів та захисту компонентів довкілля», та ОК 09 «Методологія та методи наукового аналізу у захисті довкілля» і бажано – ВК 02 «Хімічні технології, сталий розвиток та збалансоване природокористування».

Результати навчання та набуті компетентності

Вивчення навчальної дисципліни ВК 03 «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки» має забезпечити:

– досягнення здобувачами вищої освіти таких результатів навчання:

Програмні результати навчання	ПРН
Для вибіркових навчальних дисциплін не вказуються	
Дисциплінарні результати навчання	аббревіатура
Застосовувати основні принципи побудови математичних моделей.	ДРН 01
Застосовувати основні принципи вибору інструментарію для здійснення математичного моделювання процесів техногенно-екологічної безпеки.	ДРН 02
Використовувати вітчизняні та закордонні бази даних; оперувати різними базами даних для отримання необхідних вихідних даних для моделювання.	ДРН 03

– формування у ЗВО наступних компетентностей:

Програмні компетентності (загальні та професійні)	ЗК, ПК
Для вибіркових навчальних дисциплін не вказуються	
Очікувані компетентності з дисципліни	аббревіатура
Здатність застосовувати основні принципи побудови математичних моделей.	К 01
Здатність застосовувати основні принципи вибору інструментарію для здійснення математичного моделювання процесів техногенно-екологічної безпеки.	К 02
Здатність використовувати вітчизняні та закордонні бази даних; оперувати різними базами даних для отримання необхідних вихідних даних для моделювання.	К 03

Програма навчальної дисципліни

Теми навчальної дисципліни:

МОДУЛЬ № 1. «Основи побудови математичних моделей»

Тема 1.1. Задачі, методи та процес моделювання

Поняття моделі. Загальна структура моделі. Способи побудови моделей. Фізичні та нефізичні моделі. Задача моделювання. Задача управління. Задача ідентифікації. Задача оптимізації. Задача прогнозування. Процес моделювання. Мета моделювання. Формалізація моделі. Створення моделі. Дослідження моделі. Аналіз результатів моделювання. Системний підхід до побудови моделей. Опис системи. Концептуальні моделі. Методи збору інформації та даних систем. Ідентифікація закону розподілу. Послідовність дій, що виконують для ідентифікації закону розподілу випадкової величини. Закони розподілу неперервних випадкових величин. *Апроксимація функціональної залежності.*

Тема 1.2. Предмет і завдання моделювання стану довкілля

Види й особливості моделювання. Предметне моделювання. Класифікація моделей і видів моделювання. Класифікація в залежності від характеру відображуваних властивостей об'єкта. Класифікація в залежності від способу побудови моделі. Класифікація в залежності від складності об'єкта моделювання. Класифікація в залежності від оператора моделі. Класифікація в залежності від параметрів. Класифікація в залежності від мети моделювання. Класифікація в залежності від методів дослідження. Аналогове моделювання. Приклади аналогового моделювання. Фізичне моделювання. Приклади предметного моделювання. Знакове моделювання. Знакова модель. Найважливіші різновиди знакового моделювання. Стохастичне моделювання. Графічне моделювання Основні фактор, що враховуються при екологічному моделюванні. *Принципи екологічного моделювання.*

Тема 1.3. Аналітичне моделювання

Припущення аналітичної моделі. Аналітичне моделювання розімкнутих мереж масового обслуговування. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного моделювання розімкнутої мережі масового обслуговування. Аналітичне моделювання замкнутих мереж масового обслуговування. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного моделювання замкнутої мережі масового обслуговування. *Аналітичне дослідження властивостей мереж Петрі.*

Тема 1.4. Імітаційне моделювання

Генератори випадкових величин. Способи генерування випадкових величин. Емпіричні тести. Теоретичні тести. Методи генерування випадкової величини із заданим розподілом. Алгоритми імітації процесів функціонування дискретних систем. Імітаційне моделювання мережі масового обслуговування. Імітаційне моделювання мережі Петрі з часовими затримками. Імітаційне моделювання мережі Петрі з конфліктними переходами. *Імітаційне моделювання мережі Петрі з багатоканальними переходами.*

Тема 1.5. Етапи побудови математичних моделей

Обстеження об'єкта моделювання. Поняття «замовник». Основна мета дослідження об'єкту моделювання. Змістовна постановка задачі. Основа змістової моделі. Концептуальна постановка задачі. Концептуальна модель. Фазовий простір системи. Математична постановка задачі. Оператор

моделі. Контроль закономірностей. Контроль порядків. Контроль характеру залежностей. Контроль законів збереження. Контроль екстремальних ситуацій. Контроль граничних умов. Контроль математичної замкнутості. Вибір і обґрунтування методу розв'язання задач. Аналітичні методи розв'язання задач. *Алгоритмічні методи розв'язання задач.*

Тема 1.6. Моделювання, як методологія пізнання

Об'єкт пізнання. Моделювання. Основа методу моделювання. Якісна аналогія. Кількісна аналогія. Метод аналогії. Особливості моделювання в екології. Внутрішні фактори. Принцип системності. Принцип багатомодельного опису. Принцип єдності формалізованого і неформалізованого опису. Принцип визнання фундаментальності екологічних процесів. *Принцип єдності теорії і практики.*

Тема 1.7. Поняття математичної моделі

Завдання моделювання. Основні принципи і прийоми математичного моделювання. Поняття «модель». Традиційні підходи до одержання математичних моделей у дослідницькій. Основні види математичних моделей, використовуваних при описі екологічних процесів. *Загальна характеристика імітаційних моделей.*

Тема 1.8. Основні рівняння переносу та дифузії

Рівняння переносу домішок в атмосфері. Єдиність рішення. Стационарне рівняння розповсюдження субстанцій. Дифузійне наближення. Єдиність рішення. *Перенос та дифузія важких аерозолів.*

Тема 1.9. Оптиміальне розміщення промислових підприємств

Постановка задачі. Суміжне рівняння та проблема оптимізації. Багатокритеріальна задача оптимізації. Проблема мінімаксу. Узагальнена задача оптимізації розміщення промислового підприємства. Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств. Постановка задачі. Рівняння дифузії субстанцій. Оптимізація за допомогою основних рівнянь. Оптимізація за допомогою суміжної задачі. Тотожність Лагранжа. *Теорія збурень.* Найпростіший випадок теорії збурень.

Модульна контрольна робота № 1 «Основи побудови математичних моделей» (за темою власного дисертаційного дослідження).

МОДУЛЬ № 2 «Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки»

Тема 2.1. Джерела антропогенного забруднення повітря

Фізичне моделювання процесів забруднення повітряного середовища. Натуральне моделювання. Варіанти проведення фізичного експерименту: Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Модель масоперенесення домішки в повітряному середовищі. Моделювання тривимірного перенесення домішки в атмосфері. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами. Диференціальне рівняння. Перенос домішок в атмосфері та зворотні зв'язки. Рівняння балансу домішок. *Основні процеси та фактори визначення розповсюджен-*

ня домішок в атмосфері. Процеси турбулентної дифузії. Атмосферна турбулентність. Конвективна турбулентність. Механічна турбулентність. Процеси адвекції. Стійкість атмосфери. Інверсія.

Тема 2.2. Моделі розповсюдження забруднюючих речовин у поверхневих водах

Початкове та основне розбавлення стічних вод. Кратність розбавлення. Методи розрахунку кратності початкового розбавлення. Методи розрахунку кратності основного розбавлення. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у водойми та моря. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у річки. *Метод Фролова-Родзилера*. Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у контрольних створах.

Тема 2.3. Математичні моделі розрахунку вітрових течій в околицях моря та замкнених водоймах

Спектральна проблема та рішення задачі динаміки моря та океану. Модель стаціонарних вітрових та термохалінних циркуляцій. Нестаціонарна нелінійна модель морських та океанічних течій. *Нестаціонарна модель динаміки морських та океанічних течій на основі повних рівнянь*.

Тема 2.4. Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їхнього збереження

Глобальні функції ґрунтів. Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з метою аналізу і мінімізації антропогенного впливу. Моделювання процесів меліоративного впливу з метою недопущення розвитку негативних процесів і деградації ґрунтів. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи аналізу ефективності соціальної функції ґрунтів, визначення раціональних ресурсозберігаючих і екологічно безпечних технологій для ефективного природокористування. *Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів*. Дифузія в ґрунті і донних відкладах.

Тема 2.5. Моделювання стану довкілля при аваріях

Прогнозування забруднення атмосфери при аварійному викиді небезпечної речовини. Прогнозування впливу вибухів на об'єкти. Розрахунок теплового випромінювання вогняної кулі. Прогнозування величини підвищеного тиску при вибуху в приміщенні. *Моделювання ступеня забруднення повітря в робочому приміщенні після аварії*. Моделювання радіоактивного забруднення атмосфери при аваріях на АЕС.

Тема 2.6. Математичне моделювання систем та процесів захисту довкілля в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови країни

Математичне моделювання систем та процесів захисту довкілля в умовах воєнного стану. Математичне моделювання систем та процесів захисту довкілля в умовах повоєнної відбудови країни.

Модульна контрольна робота № 2 «Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки» (за темою власного дисертаційного дослідження).

**Розподіл дисципліни у годинах за формами організації
освітнього процесу та видами навчальних занять**

Назви модулів і тем	Очна (денна) форма					
	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські) заняття	лабораторні заняття (інші види занять)	самостійна робота	модульна контрольна робота	
3-й рік, 5-й семестр						
Модуль 1. Основи побудови математичних моделей						
Тема 1.1. Задачі, методи та процес моделювання	7	1	2	0	2	2
Тема 1.2. Предмет і завдання моделювання стану довкілля	7	1	2	0	2	2
Тема 1.3. Аналітичне моделювання	7	1	2	0	2	2
Тема 1.4. Імітаційне моделювання	7	1	2	0	2	2
Тема 1.5. Етапи побудови математичних моделей	7	1	2	0	2	2
Тема 1.6. Моделювання, як методологія пізнання	7	1	2	0	2	2
Тема 1.7. Поняття математичної моделі	7	1	2	0	2	2
Тема 1.8. Основні рівняння переносу та дифузії	5	1	2	0	2	0
Тема 1.9. Оптимальне розміщення промислових підприємств	4	0	2	0	2	0
Разом за модулем 1	58	8	18	0	18	14
3-й рік, 5-й семестр						
Модуль 2. Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки						
Тема 2.1. Джерела антропогенного забруднення повітря	7	2	1	0	2	2
Тема 2.2. Моделі розповсюдження забруднюючих речовин у поверхневих водах	7	2	1	0	2	2
Тема 2.3. Математичні моделі розрахунку вітрових течій в околицях моря та	7	2	1	0	2	2

замкнених водоймах						
Тема 2.4. Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їхнього збереження	6	1	1	0	2	2
Тема 2.5. Моделювання стану довкілля при аваріях	2	1	1	0	0	0
Тема 2.6. Математичне моделювання систем та процесів захисту довкілля в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови країни	3	0	1	0	2	0
Разом за модулем 2	32	8	6	0	10	8
Разом	90	16	24	0	28	22

Теми семінарських занять. Не передбачено навчальним планом.
Теми лабораторних занять. Не передбачено навчальним планом.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми Очна (денна) форма навчання	Кількість годин
1-2	Тема 1.1. Апроксимація функціональної залежності	4
3-4	Тема 1.2. Принципи екологічного моделювання	4
5	Тема 1.3. Аналітичне дослідження властивостей мереж Петрі	2
6	Тема 1.4. Імітаційне моделювання мережі Петрі з багатоканальними переходами	2
7-8	Тема 1.5. Алгоритмічні методи розв'язання задач	4
9	Тема 1.6. Принцип єдності теорії і практики	2
10	Тема 1.7. Загальна характеристика імітаційних моделей	2
11	Тема 1.8. Перенос та дифузія важких аерозолів	2
12-13	Тема 1.9. Теорія збурень	4
14-15	Тема 2.1. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок в атмосфері	4
16-17	Тема 2.2. Метод Фролова-Родзилера.	4
18	Тема 2.3. Нестационарна модель динаміки морських та океанічних течій на основі повних рівнянь	2
19	Тема 2.4. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів	2
20	Тема 2.5. Моделювання ступеня забруднення повітря в робочому приміщенні після аварії	2
	Разом	40

Орієнтовна тематика індивідуальних завдань

Відповідно до робочого навчального плану передбачено особливий вид індивідуального завдання – виконання модульних контрольних робіт на тему: «Модуль 1. Основи побудови математичних моделей», «Модуль 2. Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки»

(обов'язкова частина індивідуального завдання), а також власна науково-дослідна діяльність здобувача вищої освіти, публікація і апробація її результатів (необов'язкова частина індивідуального завдання).

Оцінювання освітніх досягнень здобувачів вищої освіти

Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен у системі онлайн-тестування OpenTest2 чи у письмовому вигляді;
- усне чи письмове опитування на практичному занятті;
- виконання та захист індивідуальних завдань у формі модульних контрольних робіт (МКР).

Оцінювання рівня освітніх досягнень ЗВО за освітнім компонентом, здійснюється за 100-бальною шкалою, що використовується в НУЦЗ України.

У разі вдалого складання екзамену, допуск на який можливий за отримання ЗВО повного набору формальних ознак – виконання і захист МКР № 1 і МКР № 2 та проходження усіх етапів поточного контролю, ЗВО у відомість складання екзамену, журнал обліку успішності та відвідуваності групи (взводу), індивідуальний план (залікову книжку), електронну базу даних у ЄДЕБО та виписку до документу про вищу освіту державного зразка виставляється відповідна оцінка.

Розподіл та накопичення балів, які отримують здобувачі, за видами навчальних занять та контрольними заходами з дисципліни

Види навчальних занять Очна (денна, вечірня) форма навчання		Кількість навчальних занять	Максимальний бал за вид навчального заняття	Сумарна максимальна кількість балів за видами навчальних занять
I. Поточний контроль				
Модуль 1	лекції	11	0	0
	практичні заняття*	13	1	13
	Модульна контрольна робота 1*	1	20	20
Разом за модуль 1				33
Модуль 2	лекції	6	0	0
	практичні заняття*	7	1	7
	Модульна контрольна робота 2*	1	20	20
Разом за модуль 2				27
Разом за поточний контроль				60
II. Індивідуальні завдання (власна науково-дослідна діяльність здобувача вищої освіти, публікація і апробація її результатів)				10
III. Підсумковий контроль (екзамен)*				30

*Пояснення:** види навчальних занять та контрольні заходи для обов'язкового виконання.

Критерії оцінювання

Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль проводиться у формі:

- фронтального та індивідуального опитування,
- виконання індивідуальних завдань у формі письмових робіт – МКР

№ 1 і МКР № 2.

Поточний контроль

Опитування є складовою поточного контролю і проводиться вибірково на кожному практичному занятті. Воно передбачає оцінювання теоретичної підготовки ЗВО із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу).

Критерії поточного оцінювання знань ЗВО на практичному занятті (оцінюється в діапазоні від 0 до 1 балу):

1 бал – ЗВО приймає активну участь в обговоренні питань, розв'язанні задач, демонструє здатність самостійного пошуку відповідей, аналізу наданого матеріалу, надає правильні відповіді на питання викладача;

0 балів – ЗВО не приймає участь в обговоренні питань, розв'язанні задач; надає не правильні відповіді на питання викладача.

Виконання модульних контрольних робіт є складовою поточного контролю і здійснюється шляхом самостійного виконання письмової роботи та перевіряється під час проведення останнього практичного заняття за відповідним модулем дисципліни в межах окремого практичного заняття. Кожен варіант МКР складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Теоретичне питання оцінюється за повнотою відповіді. Практичне завдання оцінюється за повнотою відповіді, глибиною аналізу літературних джерел та висновків.

Критерії оцінювання знань здобувачів при виконанні модульних контрольних робіт (оцінюється в діапазоні від 0 до 20 балів):

16–20 балів – вірно виконані всі завдання з дотриманням всіх вимог до виконання;

10–15 балів – вірно виконані всі завдання, але недостатнє обґрунтування відповіді, допущені незначні граматичні чи стилістичні помилки;

1–9 балів – завдання виконані частково;

0 балів – відповідь відсутня, завдання не виконане.

Строк надання на перевірку МКР № 1 – п'ятниця 6-го тижня семестра, МКР № 2 – п'ятниця 12-го тижня семестра.

Перелік завдань для виконання МКР № 1
«Основи побудови математичних моделей»

Варіант № 1

1. Поняття моделі. Загальна структура моделі.
2. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі.

Варіант № 2

1. Способи побудови моделей. Фізичні та нефізичні моделі.
2. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі.

Варіант № 3

1. Задача моделювання. Задача управління.
2. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного моделювання замкнутої мережі масового обслуговування.

Варіант № 4

1. Задача ідентифікації. Задача оптимізації.
2. Аналітичне моделювання розімкнутих мереж масового обслуговування.

Варіант № 5

1. Задача прогнозування. Процес моделювання.
2. Аналітичне дослідження властивостей мереж Петрі.

Варіант № 6

1. Мета моделювання. Формалізація моделі.
2. Генератори випадкових величин. Способи генерування випадкових величин.

Варіант № 7

1. Створення моделі. Дослідження моделі.
2. Емпіричні тести. Теоретичні тести.

Варіант № 8

1. Аналіз результатів моделювання.
2. Методи генерування випадкової величини із заданим розподілом.

Варіант № 9

1. Системний підхід до побудови моделей. Опис системи.
2. Алгоритми імітації процесів функціонування дискретних систем.

Варіант № 10

1. Концептуальні моделі.
2. Імітаційне моделювання мережі масового обслуговування.

Варіант № 11

1. Методи збору інформації та даних систем.
2. Імітаційне моделювання мережі Петрі з часовими затримками.

Варіант № 12

1. Ідентифікація закону розподілу. Закони розподілу неперервних випадкових величин.
2. Імітаційне моделювання мережі Петрі з конфліктними переходами.

Варіант № 13

1. Апроксимація функціональної залежності.

2. Імітаційне моделювання мережі Петрі з багатоканальними переходами.

Варіант № 14

1. Види й особливості моделювання. Предметне моделювання.
2. Обстеження об'єкта моделювання. Поняття «замовник».

Варіант № 15

1. Класифікація моделей і видів моделювання.
2. Основна мета дослідження об'єкту моделювання. Фазовий простір системи.

Варіант № 16

1. Класифікації в залежності від характеру відображуваних властивостей об'єкта, від способу побудови моделі та від складності об'єкта моделювання.
2. Змістовна постановка задачі. Основа змістової моделі.

Варіант № 17

1. Класифікації в залежності від оператора моделі, від параметрів, від мети моделювання та від методів дослідження.
2. Концептуальна постановка задачі. Концептуальна модель.

Варіант № 18

1. Аналогове моделювання. Приклади аналогового моделювання.
2. Математична постановка задачі. Оператор моделі.

Варіант № 19

1. Фізичне моделювання. Приклади предметного моделювання.
2. Контроль закономірностей. Контроль порядків. Контроль характеру залежностей.

Варіант № 20

1. Знакове моделювання. Знакова модель. Найважливіші різновиди знакового моделювання.
2. Контроль законів збереження. Контроль екстремальних ситуацій. Контроль граничних умов. Контроль математичної замкнутості.

Варіант № 21

1. Стохастичне моделювання.
2. Вибір і обґрунтування методу розв'язання задач. Аналітичні методи розв'язання задач. Алгоритмічні методи розв'язання задач.

Варіант № 22

1. Графічне моделювання.
2. Об'єкт пізнання. Моделювання. Основа методу моделювання.

Варіант № 23

1. Принципи екологічного моделювання.
2. Якісна аналогія. Кількісна аналогія. Метод аналогії.

Варіант № 24

1. Припущення аналітичної моделі.
2. Особливості моделювання в екології. Внутрішні фактори.

Варіант № 25

1. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного

моделювання розімкненої мережі масового обслуговування.

2. Принцип системності. Принцип багатомодельного опису. Принцип єдності формалізованого і неформалізованого опису.

Варіант № 26

1. Аналітичне моделювання замкнутих мереж масового обслуговування.

2. Принцип визнання фундаментальності екологічних процесів. Принцип єдності теорії і практики.

Характеристика практичного індивідуального завдання для виконання МКР № 1:

Для об'єкту дисертаційного дослідження ЗВО визначити об'єкт та вид моделювання, обґрунтувати вибір інструментарію для моделювання. За цими матеріалами підготувати текст тез доповідей на наукову конференцію. За умови опублікування та апробації тез цієї доповіді здобувачеві нараховуються додаткові бали.

Перелік завдань для виконання МКР № 2 «Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки»

Варіант № 1

1. Фізичне моделювання процесів забруднення повітряного середовища.

2. Дифузія в ґрунті і донних відкладах.

Варіант № 2

1. Натуральне моделювання.

2. Прогнозування забруднення атмосфери при аварійному викиді небезпечної речовини.

Варіант № 3

1. Варіанти проведення фізичного експерименту.

2. Прогнозування впливу вибухів на об'єкти.

Варіант № 4

1. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

2. Розрахунок теплового випромінювання вогняної кулі.

Варіант № 5

1. Модель масоперенесення домішки в повітряному середовищі.

2. Прогнозування величини підвищеного тиску при вибуху в приміщенні.

Варіант № 6

1. Моделювання тривимірного перенесення домішки в атмосфері.

2. Моделювання ступеня забруднення повітря в робочому приміщенні після аварії.

Варіант № 7

1. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами.

2. Моделювання радіоактивного забруднення атмосфери при аваріях на АЕС.

Варіант № 8

1. Перенос домішок в атмосфері та зворотні зв'язки. Рівняння балансу домішок.

2. Завдання моделювання. Основні принципи і прийоми математичного моделювання.

Варіант № 9

1. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок в атмосфері.

2. Поняття «модель». Традиційні підходи до одержання математичних моделей у дослідницькій роботі.

Варіант № 10

1. Процеси турбулентної дифузії. Атмосферна турбулентність. Конвективна турбулентність. Механічна турбулентність.

2. Основні види математичних моделей, використовуваних при описі екологічних процесів.

Варіант № 11

1. Процеси адвекції. Стійкість атмосфери. Інверсія.

2. Загальна характеристика імітаційних моделей.

Варіант № 12

1. Початкове та основне розбавлення стічних вод. Кратність розбавлення.

2. Рівняння переносу домішок в атмосфері.

Варіант № 13

1. Методи розрахунку кратності початкового розбавлення.

2. Стаціонарне рівняння розповсюдження субстанцій.

Варіант № 14

1. Методи розрахунку кратності основного розбавлення.

2. Дифузійне наближення. Едність рішення.

Варіант № 15

1. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у водойми та моря.

2. Перенос та дифузія важких аерозолів.

Варіант № 16

1. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у ріки.

2. Оптимальне розміщення промислових підприємств.

Варіант № 17

1. Метод Фролова-Родзилера. Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у контрольних створах.

2. Суміжне рівняння та проблема оптимізації.

Варіант № 18

1. Спектральна проблема та рішення задачі динаміки моря та океану.
2. Багатокритеріальна задача оптимізації. Проблема мінімаксу.

Варіант № 19

1. Модель стаціонарних вітрових та термохалінних циркуляцій.
2. Узагальнена задача оптимізації розміщення промислового підприємства.

Варіант № 20

1. Нестационарна нелінійна модель морських та океанічних течій.
2. Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств.

Варіант № 21

1. Нестационарна модель динаміки морських та океанічних течій на основі повних рівнянь.
2. Рівняння дифузії субстанцій.

Варіант № 22

1. Глобальні функції ґрунтів.
2. Оптимізація за допомогою основних рівнянь.

Варіант № 23

1. Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з метою аналізу і мінімізації антропогенного впливу.
2. Оптимізація за допомогою суміжної задачі.

Варіант № 24

1. Моделювання процесів меліоративного впливу з метою недопущення розвитку негативних процесів і деградації ґрунтів.
2. Тотожність Лагранжа.

Варіант № 25

1. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи ефективного природокористування.
2. Теорія збурень.

Варіант № 26

1. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів.
2. Найпростіший випадок теорії збурень.

*Характеристика практичного індивідуального завдання
для виконання МКР № 2:*

Для об'єкту моделювання у дисертаційному дослідженні ЗВО визначити припущення, початкові і граничні умови моделі, склад набору вихідних даних для здійснення моделювання та його результати. За цими матеріалами підготувати текст тез доповідей на наукову конференцію. За умови опублікування та апробації тез цієї доповіді здобувачеві нараховуються додаткові бали.

Виконання частини індивідуального завдання щодо здійснення власної науково-дослідної діяльності здобувача вищої освіти за темою

своєї дисертації є обов'язковою складовою контролю, звітність з якої є публікація та/або апробація її результатів.

Критерії оцінювання виконання обов'язкової частини індивідуального завдання здобувачами (оцінюється в діапазоні від 0 до 10 балів):

8–10 балів – результати власного наукового дослідження доповідалися на конференції (семінарі, конгресі) міжнародного рівня, опубліковані у збірнику матеріалів конференції, наявні публікації у наукових періодичних виданнях;

4–7 балів – результати власного наукового дослідження доповідалися на конференції (семінарі, конгресі) всеукраїнського рівня, опубліковані у збірнику матеріалів конференції;

1–3 балів – результати власного наукового дослідження не доповідалися на конференції (семінарі, конгресі) рівня, але опубліковані у збірнику матеріалів конференції;

0 балів – відповідь відсутня, завдання не виконане.

Підсумковий контроль

Підсумковий контроль успішності проводиться з метою оцінки результатів навчання на завершальному етапі, проводиться у вигляді екзамену або у форматі електронного тестування у системі OpenTest2, або у письмовому вигляді за відсутності умов проведення електронного тестування.

Кожен варіант письмового завдання складається з трьох теоретичних питань та одного практичного завдання. Виконання практичного завдання повинно містити: *аналіз особливостей модельованого процесу шкідливого впливу на компонент НПС чи процесу захисту від такого впливу, вибір та аналіз особливостей математичного апарату для моделювання процесу, встановлення граничних на початкових умов моделі, вибір набору вихідних даних для моделювання, описання та аналіз результатів моделювання, висновки за виконанням завданням.*

Теоретичне питання оцінюється за повнотою відповіді.

Критерії оцінювання знань ЗВО на екзамені (оцінюється в діапазоні від 0 до 30 балів):

25–30 балів – в повному обсязі здобувач володіє навчальним матеріалом, глибоко та всебічно розкрив зміст теоретичного питання, правильно розв'язав практичне завдання з повним дотриманням вимог до виконання;

15–24 бали – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, в основному розкрито зміст теоретичного питання. При наданні відповіді на деякі питання не вистачає достатньої глибини та аргументації, при цьому є несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішене практичне завдання;

10–14 балів – в цілому володіє навчальним матеріалом, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при

цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішені практичне завдання;

5–9 балів – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Недостатньо розкриті зміст теоретичного питання та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності. Практичне завдання вирішене частково;

1–4 бали – частково володіє навчальним матеріалом, відповіді загальні, допущено при цьому суттєві помилки. Практичне завдання вирішене частково;

0 балів – не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичного питання та практичних завдань. Не вирішив практичного завдання.

Якщо екзамен складається у формі надання відповідей на тестові завдання у системі OpenTest2 в межах окремого заняття, то кожен варіант тестового контролю складається з 30 питань, сформованих у тестовій формі. Відповіді надаються шляхом вибору вірної відповіді (відповідей) серед наданих системою проведення тестування варіантів.

Критерії оцінювання знань ЗВО при виконанні тестового контролю на екзамені (оцінюється в від 0 до 30 балів як для очної (денної, вечірньої) форми навчання та від 0 до 40 балів для заочної (дистанційної) форми навчання):

оцінка M у балах розраховується за формулою

$$M = N / K \times L, \text{ балів,}$$

де $N = [0 \dots K]$ – кількість вірних відповідей у тесті, шт.; $K = 30$ – кількість питань у тесті, шт.; $L = 30$ – кількість балів зі 100-бальної оцінки, відведених на екзаменове тестування.

з округленням отриманого результату до найближчого цілого значення.

Перелік теоретичних питань для підготовки до екзамену:

Модуль 1

«Основи побудови математичних моделей»

1. Поняття моделі. Загальна структура моделі.
2. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі.
3. Способи побудови моделей. Фізичні та нефізичні моделі.
4. Вхідні і вихідні змінні аналітичної моделі.
5. Задача моделювання. Задача управління.
6. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного моделювання замкнутої мережі масового обслуговування.
7. Задача ідентифікації. Задача оптимізації.
8. Аналітичне моделювання розімкнутих мереж масового обслуговування.
9. Задача прогнозування. Процес моделювання.

10. Аналітичне дослідження властивостей мереж Петрі.
11. Мета моделювання. Формалізація моделі.
12. Генератори випадкових величин. Способи генерування випадкових величин.
13. Створення моделі. Дослідження моделі.
14. Емпіричні тести. Теоретичні тести.
15. Аналіз результатів моделювання.
16. Методи генерування випадкової величини із заданим розподілом.
17. Системний підхід до побудови моделей. Опис системи.
18. Алгоритми імітації процесів функціонування дискретних систем.
19. Концептуальні моделі.
20. Імітаційне моделювання мережі масового обслуговування.
21. Методи збору інформації та даних систем.
22. Імітаційне моделювання мережі Петрі з часовими затримками.
23. Ідентифікація закону розподілу. Закони розподілу неперервних випадкових величин.
24. Імітаційне моделювання мережі Петрі з конфліктними переходами.
25. Апроксимація функціональної залежності.
26. Імітаційне моделювання мережі Петрі з багатоканальними переходами.
27. Види й особливості моделювання. Предметне моделювання.
28. Обстеження об'єкта моделювання. Поняття «замовник».
29. Класифікація моделей і видів моделювання.
30. Основна мета дослідження об'єкту моделювання. Фазовий простір системи.
31. Класифікації в залежності від характеру відображуваних властивостей об'єкта, від способу побудови моделі та від складності об'єкта моделювання.
32. Змістовна постановка задачі. Основа змістової моделі.
33. Класифікації в залежності від оператора моделі, від параметрів, від мети моделювання та від методів дослідження.
34. Концептуальна постановка задачі. Концептуальна модель.
35. Аналогове моделювання. Приклади аналогового моделювання.
36. Математична постановка задачі. Оператор моделі.
37. Фізичне моделювання. Приклади предметного моделювання.
38. Контроль закономірностей. Контроль порядків. Контроль характеру залежностей.
39. Знакове моделювання. Знакова модель. Найважливіші різновиди знакового моделювання.
40. Контроль законів збереження. Контроль екстремальних ситуацій. Контроль граничних умов. Контроль математичної замкнутості.
41. Стохастичне моделювання.
42. Вибір і обґрунтування методу розв'язання задач. Аналітичні методи розв'язання задач. Алгоритмічні методи розв'язання задач.

43. Графічне моделювання.
44. Об'єкт пізнання. Моделювання. Основа методу моделювання.
45. Принципи екологічного моделювання.
46. Якісна аналогія. Кількісна аналогія. Метод аналогії.
47. Припущення аналітичної моделі.
48. Особливості моделювання в екології. Внутрішні фактори.
49. Послідовність дій, що виконують у випадку аналітичного моделювання розімкнутої мережі масового обслуговування.
50. Принцип системності. Принцип багатомодельного опису. Принцип єдності формалізованого і неформалізованого опису.
51. Аналітичне моделювання замкнутих мереж масового обслуговування.
52. Принцип визнання фундаментальності екологічних процесів. Принцип єдності теорії і практики.

Модуль 2

«Моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки»

1. Фізичне моделювання процесів забруднення повітряного середовища.
2. Дифузія в ґрунті і донних відкладах.
3. Натуральне моделювання.
4. Прогнозування забруднення атмосфери при аварійному викиді небезпечної речовини.
5. Варіанти проведення фізичного експерименту.
6. Прогнозування впливу вибухів на об'єкти.
7. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
8. Розрахунок теплового випромінювання вогняної кулі.
9. Модель масоперенесення домішки в повітряному середовищі.
10. Прогнозування величини підвищеного тиску при вибуху в приміщенні.
11. Моделювання тривимірного перенесення домішки в атмосфері.
12. Моделювання ступеня забруднення повітря в робочому приміщенні після аварії.
13. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами.
14. Моделювання радіоактивного забруднення атмосфери при аваріях на АЕС.
15. Перенос домішок в атмосфері та зворотні зв'язки. Рівняння балансу домішок.
16. Завдання моделювання. Основні принципи і прийоми математичного моделювання.
17. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок в атмосфері.
18. Поняття «модель». Традиційні підходи до одержання

математичних моделей у дослідницькій роботі.

19. Процеси турбулентної дифузії. Атмосферна турбулентність. Конвективна турбулентність. Механічна турбулентність.

20. Основні види математичних моделей, використувані при описі екологічних процесів.

21. Процеси адвекції. Стійкість атмосфери. Інверсія.

22. Загальна характеристика імітаційних моделей.

23. Початкове та основне розбавлення стічних вод. Кратність розбавлення.

24. Рівняння переносу домішок в атмосфері.

25. Методи розрахунку кратності початкового розбавлення.

26. Стаціонарне рівняння розповсюдження субстанцій.

27. Методи розрахунку кратності основного розбавлення.

28. Дифузійне наближення. Едність рішення.

29. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у водойми та моря.

30. Перенос та дифузія важких аерозолів.

31. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у річки.

32. Оптимальне розміщення промислових підприємств.

33. Метод Фролова-Родзилера. Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у контрольних створах.

34. Суміжне рівняння та проблема оптимізації.

35. Спектральна проблема та рішення задачі динаміки моря та океану.

36. Багатокритеріальна задача оптимізації. Проблема мінімаксу.

37. Модель стаціонарних вітрових та термохалінних циркуляцій.

38. Узагальнена задача оптимізації розміщення промислового підприємства.

39. Нестационарна нелінійна модель морських та океанічних течій.

40. Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств.

41. Нестационарна модель динаміки морських та океанічних течій на основі повних рівнянь.

42. Рівняння дифузії субстанцій.

43. Глобальні функції ґрунтів.

44. Оптимізація за допомогою основних рівнянь.

45. Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з метою аналізу і мінімізації антропогенного впливу.

46. Оптимізація за допомогою суміжної задачі.

47. Моделювання процесів меліоративного впливу з метою недопущення розвитку негативних процесів і деградації ґрунтів.

48. Тотожність Лагранжа.

49. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи ефективного природокористування.

50. Теорія збурень.

51. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів.

52. Найпростіший випадок теорії збурень.

Форми та методи навчання і викладання, засоби провадження освітньої діяльності навчальної дисципліни

Вивчення навчальної дисципліни реалізується в таких **формах**: навчальні заняття за видами, консультації, контрольні заходи, самостійна робота.

В навчальній дисципліні використовуються такі **методи навчання і викладання**:

– *методи навчання за джерелами набуття знань*: словесні методи навчання (лекція, пояснення, бесіда, інструктаж); наочні методи навчання (ілюстрація, демонстрація, спостереження); практичні методи навчання (практична робота);

– *методи навчання за характером логіки пізнання*: аналітичний; синтетичний; індуктивний; дедуктивний; традуктивний;

– *методи навчання за рівнем самостійної розумової діяльності тих, хто навчається*: проблемний виклад; частково-пошуковий; дослідницький;

– *інноваційні методи навчання*: робота з навчально-методичною літературою та відео метод; навчання з використанням технічних ресурсів; методи організації навчального процесу, що формують соціальні навички;

– *науково-дослідна робота*;

– *самостійна робота*.

Засоби провадження освітньої діяльності

Експериментальні установки та плакати лабораторії прикладної механіки і матеріалознавства та лабораторії гідравліки і технологій захисту навколишнього середовища при проведенні лабораторних робіт; комп'ютерний клас з доступом до мережі Інтернет і системи OpenTest2 при проведенні практичних занять та складанні екзамену; мультимедійний проектор і екран, ноутбук при проведенні лекційних занять.

Політика викладання навчальної дисципліни

1. Здобувач вищої освіти повинен на заняттях приймати активну участь в обговоренні навчальних питань, бути попередньо підготовленим за рекомендованою літературою до практичних та лабораторних занять, якісно і своєчасно виконувати всі завдання.

2. Здобувачі вищої освіти повинні сумлінно виконувати розклад занять з навчальної дисципліни. Пропуски заняття без уважної причини та запізнення на заняття недопустимі (здобувачі, які запізнилися на заняття, до заняття не допускаються).

3. Без дозволу науково-педагогічного працівника неприпустимо користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними

пристроями під час заняття, і тим більш – під час складання елементів поточного та підсумкового контролю.

4. Здобувачі вищої освіти повинні чітко виконувати вимоги щодо термінів виконання поставлених завдань, захисту робіт, ліквідації заборгованостей. Невиконання вимог щодо термінів знижує максимальний бал (оцінку) за завдання на 30 %.

5. ЗВО під час засвоєння матеріалу дисципліни на заняттях, під час самостійного виконання завдань, а також під час складання елементів поточного та підсумкового контролю, повинні дотримуватися політики академічної доброчесності відповідно до чинного законодавства. При виконанні індивідуальної самостійної роботи до захисту допускаються МКР, які виконані лише за власним варіантом, виданим кожному здобувачеві окремо, містять не менше 50 % оригінального тексту при перевірці на академічний та інші види плагіату.

6. Під час засвоєння матеріалу дисципліни на заняттях, виконання модульних контрольних робіт та складання диференційного заліку здобувачі вищої освіти мають дотримуватися політики гендерної рівності відповідно до чинного законодавства.

7. Під час засвоєння матеріалу дисципліни на заняттях, виконання модульних контрольних робіт та складання екзамену здобувачі вищої освіти мають дотримуватися протиепідемічних заходів відповідно до чинного законодавства.

8. Під час засвоєння матеріалу дисципліни на заняттях, виконання модульних контрольних робіт та складання екзамену здобувачі вищої освіти мають дотримуватися заходів безпеки воєнного стану відповідно до чинного законодавства.

9. ЗВО мають право дізнатися про кількість накопичених балів у НПП з навчальної дисципліни або в електронному журналі успішності відповідної групи (взводу) та вести власний облік цих балів.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Література

Основна

1. Фізичне і математичне моделювання процесів у фільтрах твердих частинок у практиці критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки : монографія / О.М. Кондратенко, В.Ю. Колосков, Ю.Ф. Деркач, С.А. Коваленко. Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2020. 522 с.

2. Scientific and practical problems of application of ecological safety management systems in technics and technologies: Monograph / S.O. Vambol, V.V. Vambol, Y.O. Suchikova, I.V. Mishchenko, O.M. Kondratenko // Opole: Publ. Academy of Management and Administration, 2017. – 205 p.

3. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures : monograph / V. Sadkovyi, V. Andronov, O. Semkiv, A. Kovalov, E. Rybka, Yu. Otrosh, M. Udianskyi, V. Koloskov, A. Danilin, P. Kovalov. Kharkiv: PC

TECHNOLOGY CENTER, 2021. 180 p. doi: <http://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>.

4. Сєрікова О.М., Стрельнікова О.О., Колосков В.Ю. Підвищення рівня екологічної безпеки забудованих територій України, схильних до підтоплення : монографія. Х. : НУЦЗ України, 2020. 142 с.

5. Математична модель ефективності роботи фільтра твердих частинок дизеля / О.М. Кондратенко, О.П. Строков, С.О. Вамболь, А.М. Авраменко. Науковий вісник НГУ. Дніпропетровськ: НГУ, 2015. № 6 (150). С. 55–61.

6. Assessment of improvement of ecological safety of power plants by arrangement of pollutants neutralization system / S. Vambol, V. Vambol, O. Kondratenko, Y. Suchikova, O. Hurenko. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 3/10 (87). pp. 63–73. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.102314.

7. Description of mass hourly emissions of particulate matter of diesel engine by beta-distribution with taking into account the passport accuracy of gas analyzer / O.P. Stokov, O.M. Kondratenko, V.Yu. Koloskov, I.V. Mishchenko // Двигуни внутрішнього згоряння. Х: НТУ «ХП», 2019. № 1. pp. 49–62. DOI: 10.20998/0419-8719.2019.1.09.

8. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси: ЧДТУ, 2010. 399 с.

9. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія». Освітньо-кваліфікаційний ступінь «бакалавр» / Укладач: О.В. Рибалова. Х: НУЦЗУ, 2016. 221с.

10. Берешко И.Н., Бетин А.В. Математические модели в экологии. Ч.1. Учеб. пособие. Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. 68 с.

11. Брук В.В., Берешко И.Н. Математические модели в экологии. Ч.2. Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. 68 с.

12. Математичне моделювання систем і процесів. Конспект лекцій для студентів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» спеціалізації «Електронні біомедичні системи і технології» «Інформаційні технології проектування в електроніці та наносистемах» / Уклад. П.П. Лошицький. К.: НТУУ «КП», 2018. 262 с.

13. Ладогубець Т.С., Фіногенов О.Д. Математичне моделювання: комп'ютерний практикум з дисципліни «Математичне моделювання» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані та математичне моделювання». К: КП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 58 с.

14. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. 519 с.

15. Бахрушин В.Є. Математичні основи моделювання систем: Навчальний посібник для студентів. Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2009. 224 с.

16. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. 201 с.

17. Математичне моделювання технічних і технологічних процесів на ПЕОМ. Конспект лекцій / Уклад.: О.В. Шебаніна, А. М. Могильницька, В.П. Клочан, І.В. Клочан, С.І. Тищенко, І.І. Хилько, В.О. Крайній. Миколаїв: МНАУ, 2020. 105 с.

18. Біляєв М.М., Біляєва В.В., Кіріченко П.С. Моделювання і прогнозування стану довкілля : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна МОН України. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2016. 207 с.

19. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища : Навч. посібник. К.: Либідь, 2003. 208 с.

20. Рудаков Д.В. Математичні моделі в охороні навколишнього середовища: Навчальний посібник. Д.: Дніпропетр. ун-т, 2004. 160 с.

21. Боголюбський В.В., Курбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування к екології : Підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 2016 с.

Додаткова

1. Стандарт вищої освіти України за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» галузі знань 18 «Виробництво та технології» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти. Затв. Наказом МОН України № 1427 від 23.12.2021 р. Офіційне видання. Київ, 2022. 15 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/12/24/183-Tekhn.zakh.navk.seredovyshcha-dokt.filos.pdf>

2. Освітньо-наукова програма вищої освіти «Техногенно-екологічна безпека». Галузь знань 18 «Виробництво та технології». Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти. Відповідає Стандарту вищої освіти, затв. Наказом Міністерства освіти і науки України № 1427 від 23.12.2021 р. / Уклад. О.М. Кондратенко, В.А. Андронов, В.Ю. Колосков, Є.О. Рибка. Х.: НУЦЗ України, 2022. 24 с. URL: http://fteb.nuczu.edu.ua/images/osvitni-programi/2021/183_teb_df_22.pdf.

3. Робоча програма вибіркового освітнього компонента ВК 03 «Математичне моделювання систем та процесів техногенно-екологічної безпеки» освітньо-наукової програми «Техногенно-екологічна безпека». Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Галузь знань 18 «Виробництво та технології». Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти / Уклад.: О.М. Кондратенко, В.М. Бабакин, В.Ю. Колосков, С.С. Душкін. Х.: НУЦЗ України, 2022. 24 с.

Інформаційні ресурси

1. Науково-технічний журнал «Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях». URL: <http://mmtt.khpi.edu.ua>.

2. Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety». URL: <http://jteb.nuczu.edu.ua/uk>.

3. Scientific Journal «Problems of Emergency Situations». URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk>.

Розробники:

завідувач кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища,
к.т.н., доцент



Володимир КОЛОСКОВ

професор кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища,
д.т.н., доцент



Олександр
КОНДРАТЕНКО

викладач кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища,
д.ю.н., доцент



Вадим БАБАКІН

доцент кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища,
к.т.н., доцент



Станіслав ДУШКІН

старший викладач кафедри
прикладної механіки
та технологій захисту
навколишнього середовища,
к.т.н., доцент



Віталій ВЕКШИН