

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## **СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження полютантів та захисту компонентів довкілля»**

обов'язкова професійна,  
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 викладання 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 ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження полютантів та захисту компонентів довкілля»

2023 рік

## Загальна інформація про навчальну дисципліну

### Анотація навчальної дисципліни

Курс навчальної дисципліни «Математичне моделювання розповсюдження поллютантів та захисту компонентів довкілля» (ММРПтаЗКД) (компонент ОК 11 у освітньо-науковій програмі (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 отримання кількісних та якісних показників розповсюдження забруднюючих речовин (ЗР) (або поллютантів) у навколишньому природному середовищі (НПС) шляхом здійснення математичного опису цього процесу (тобто моделювання) для побудови ТЗНС на основі відповідної системи управління екологічною безпекою (СУЕкБ). Важливою складовою курсу є вивчення теоретичних основ й практичних аспектів математичного моделювання – понятійного апарату математичного моделювання, відповідного інструментарію, аспектів отримання наборів вихідних даних для завдання початкових і граничних умов та даних для верифікації отриманих моделюванням результатів, у тому числі шляхом здійснення експериментальних досліджень, а також результатів його застосування щодо процесу та картини розповсюдження ЗР у НПС у локальному (на прикладі України та окремих її регіонів) та глобальному (всесвітньому) масштабі. 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 навколишнього природного середовища (НПС), а саме створення нових і вдосконалення існуючих математичних моделей процесів розповсюдження ЗР у НПС та їх практичного застосування для вирішення задач у галузі ТЗНС. Стратегічно вищезначену 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 розповсюдження ЗР у НПС у локальному та глобальному масштабі.

Опанування навчального компоненту ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження поллютантів та захисту компонентів довкілля» для денної форми здобуття вищої освіти займає 1 семестр, вміщує 3 кредити ЄКТС (90 годин) та здійснюється у 2 семестрі, тобто на 1 курсі підготовки, містить 44 години (22 заняття) аудиторних та 46 годин самостійної роботи, з яких 20 годин (10 занять) – лекції, 24 години (12 занять) – практичні заняття, передбачає підготовку і захист 2 модульних контрольних робіт (МКР), завершується складанням екзамену.

## Інформація про науково-педагогічних працівників

|   |   |
|---|---|
| <b>Загальна інформація</b>                        | Колосков Володимир Юрійович, завідувачкафедриприкладної механіки та технологій захисту навколишньогосередовища факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент   |
| <b>Контактна інформація</b>                       | м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 601. Робочий номер телефону – 707-34-07.  |
| <b>E-mail</b>                                     | <a href="mailto:koloskov@nuczu.edu.ua">koloskov@nuczu.edu.ua</a>  |
| <b>Наукові інтереси</b>                           | – міцність конструкцій та матеріалів на полігонахтвердихпобутових відходів у екстремальних умовах;<br>– технології моніторингу об'єктів підвищеної небезпеки;<br>– технології захисту навколишнього середовища  |
| <b>Професійні здібності</b>                       | – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативноїта патентної літератури;<br>– навички розробки моделей поведінки конструкційнихматеріалів під дією факторів пожежі, у томучислі звикористанням сучасної комп'ютерної техніки  |
| <b>Наукова діяльність за освітнім компонентом</b> | Профіль у Google Scholar:<br><a href="https://scholar.google.com.ua/citations?user=gP6w7a8AAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?user=gP6w7a8AAAAJ</a><br>Профіль у ORCID:<br><a href="https://orcid.org/0000-0002-9844-1845">https://orcid.org/0000-0002-9844-1845</a><br>Профіль у SCOPUS:<br><a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203686820">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203686820</a><br>Профіль у Web of Science:<br><a href="https://publons.com/researcher/Q-9847-2018">https://publons.com/researcher/Q-9847-2018</a> |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Загальна інформація</b>  | Кондратенко Олександр Миколайович, професор кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, доктор технічних наук, доцент  |
| <b>Контактна інформація</b> | м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 604. Робочий номер телефону – 707-34-07.   |
| <b>E-mail</b>               | <a href="mailto:kondratenko@nuczu.edu.ua">kondratenko@nuczu.edu.ua</a>   |
| <b>Наукові інтереси</b>     | – екологічна безпека процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ;<br>– критеріальне оцінювання показників рівня екологічної безпеки;<br>– матеріалознавство у галузі наноматеріалів та напівпровідників;<br>– технології захисту навколишнього середовища від газоподібних та аерозольних викидів транспорту;<br>– метрологічні аспекти оцінювання показників рівня екологічної безпеки;<br>– прикладна механіка текучих середовищ у технологіях захисту навколишнього середовища;<br>– актуальні питання пакувальної індустрії |
| <b>Професійні здібності</b> | – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та патентної літератури;<br>– навички аналітичних (розрахунки та моделювання) досліджень, пов'язаних з критеріальним оцінюванням показників рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ;<br>– навички експериментальних досліджень, пов'язаних з визначенням техніко-економічних та екологічних показників роботи  |

|   |   |
|---|---|
|   | енергоустановок з поршнеvim ДВЗ;<br>– проектування та побудова випробувальних стендів, експериментальних діючих зразків, комплексів засобів вимірювальної техніки   |
| <b>Наукова діяльність за освітнім компонентом</b> | Профіль у Google Scholar:<br><a href="https://scholar.google.com.ua/citations?user=0I1bJMCAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?user=0I1bJMCAAJ</a><br>Профіль у ORCID:<br><a href="https://orcid.org/0000-0001-9687-0454">https://orcid.org/0000-0001-9687-0454</a><br>Профіль у SCOPUS:<br><a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57144373800">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57144373800</a><br>Профіль у Web of Science:<br><a href="https://publons.com/researcher/1965346/alexandr-m-kondratenko/">https://publons.com/researcher/1965346/alexandr-m-kondratenko/</a> |

|   |  |
|---|--|
| <b>Загальна інформація</b>                        | Бабакін Вадим Миколайович, викладач кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, доктор юридичних наук, доцент  |
| <b>Контактна інформація</b>                       | м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 606. Робочий номер телефону – 707-34-07.   |
| <b>E-mail</b>                                     | Vadon7373@gmail.com  |
| <b>Наукові інтереси</b>                           | – сучасні форми організації наукової діяльності;<br>– хімічні технології у екологічній безпеці;<br>– правові аспекти технологій захисту навколишнього середовища;<br>– захист права інтелектуальної власності;<br>– інформаційне забезпечення наукових досліджень;<br>– побудова технологій захисту довкілля;<br>– оцінювання чинників забруднення компонентів довкілля.   |
| <b>Професійні здібності</b>                       | – навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та юридичної літератури;<br>– навички аналітичних (розрахунки та моделювання) наукових досліджень;<br>– навички експериментальних наукових досліджень;<br>– навички апробації, публікації та впровадження результатів наукових досліджень;<br>– навички розробки навчально-методичного забезпечення освітніх компонентів;<br>– навички захисту права інтелектуальної власності на результати наукових досліджень;<br>– навички організації наукових досліджень. |
| <b>Наукова діяльність за освітнім компонентом</b> | Профіль у Google Scholar:<br><a href="https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&amp;user=AGmUP4EAAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&amp;user=AGmUP4EAAAAJ</a><br>Профіль у ORCID:<br><a href="https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7157-0241">https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7157-0241</a><br>Профіль у SCOPUS:<br><a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58568975500">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58568975500</a>                            |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Загальна інформація</b>  | Душкін Станіслав Сергійович, доцент кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент. |
| <b>Контактна інформація</b> | м. Харків, вул. Чернишевська, 94, кабінет № 604. Робочий номер телефону – 707-34-07.   |
| <b>E-mail</b>               | dushkin@nuczu.edu.ua   |

|  |  |
|--|--|
| Наукові інтереси                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- системи водопостачання та водовідведення;</li> <li>- технології захисту навколишнього середовища у системах водопостачання та водовідведення;</li> <li>- технології захисту водних ресурсів;</li> <li>- підготовка води до питної якості.</li> </ul>  |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- участь у конференціях;</li> <li>- написання та публікація наукових статей.</li> </ul> Профіль у Google Scholar:<br><a href="https://scholar.google.com.ua/citations?user=U9Wz1tUAAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?user=U9Wz1tUAAAAJ</a><br>Профіль у ORCID:<br><a href="https://orcid.org/0000-0002-9345-9632">https://orcid.org/0000-0002-9345-9632</a><br>Профіль у SCOPUS:<br><a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57209021455">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57209021455</a><br>Профіль у Web of Science:<br><a href="https://publons.com/researcher/AAK-8407-2020/">https://publons.com/researcher/AAK-8407-2020/</a> |

|   |  |
|---|--|
| <b>Загальна інформація</b>                        | 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   |
| <b>Контактна інформація</b>                       | м. Харків, вул. Чернишевська, 94, Кафедра прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища.  |
| <b>E-mail</b>                                     | <a href="mailto:vekshyn@nuczu.edu.ua">vekshyn@nuczu.edu.ua</a>   |
| <b>Наукові інтереси</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– технологія неорганічних речовин;</li> <li>– кінетика та каталіз;</li> <li>– очищення газових викидів від токсичних речовин;</li> <li>– технології та обладнання очищення питної, стічної та оборотної води;</li> <li>– біохімічні показники живих організмів в нормі та патології;</li> <li>– статистичний аналіз та математичне моделювання.</li> </ul>  |
| <b>Професійні здібності</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– навички аналізу науково-технічної, довідникової, нормативної та патентної літератури;</li> <li>– навички експериментальних досліджень, пов'язаних з вивченням хімічних, фізико-хімічних та кінетичних закономірностей процесів каталітичного низькотемпературного відновлення промислових викидних газів від оксидів нітрогену;</li> <li>– навички аналітичних (розрахунки та моделювання) досліджень процесів каталітичного низькотемпературного відновлення промислових викидних газів від оксидів нітрогену;</li> <li>– навички статистичних розрахунків в галузі біології, біохімії та медицині;</li> <li>– ремонт та обслуговування лабораторного обладнання та засобів вимірювальної техніки</li> </ul> |
| <b>Наукова діяльність за освітнім компонентом</b> | Профіль у Google Scholar:<br><a href="https://scholar.google.com/citations?user=nI6ONvYAAAAJ&amp;hl=en">https://scholar.google.com/citations?user=nI6ONvYAAAAJ&amp;hl=en</a><br>Профіль у ORCID:<br><a href="https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-2834-8773">https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-2834-8773</a><br>Профіль у SCOPUS:   |

### **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 отримання кількісних та якісних показників розповсюдження ЗР у НПС під впливом природних та антропогенних чинників у довіллі шляхом здійснення математичного моделювання як теоретичної основи для побудови ТЗНС на основі відповідної СУЕкБ; планування, організації та реалізації сучасного інструментарію, методів та способів математичного опису процесів розповсюдження полютантів у компонентах довілля; вивчення основних напрямів наукової діяльності з розробки та впровадження математичних моделей.

Місце навчальної дисципліни у освітньо-науковій програмі визначається тим, що результати навчання, набуті здобувачами вищої освіти під час опанування навчальної дисципліни «Математичне моделювання розповсюдження полютантів та захисту компонентів довілля», а саме знання щодо сучасних методів математичного процесів розповсюдження забруднюючих речовин у компонентах довілля, стануть в нагоді при опануванні навчальних дисциплін ОК 07 «Методи моніторингу стану довілля», ОК 08 «Технології захисту довілля», а також при здійсненні досліджень за окремими розділами дисертаційної роботи та при підготовці до її захисту.

### **Опис навчальної дисципліни**

| Найменування показників    | Форма здобуття освіти  |                      |
|----------------------------|------------------------|----------------------|
|                            | Очна (денна)           | Заочна (дистанційна) |
| Статус дисципліни          | обов'язкова професійна |                      |
| Рік підготовки             | 1-й                    |                      |
| Семестр                    | 2-й                    |                      |
| <b>Обсяг дисципліни:</b>   |                        |                      |
| – в кредитах ЄКТС          | 3                      |                      |
| – кількість модулів        | 2                      |                      |
| – загальна кількість годин | 90                     |                      |

|   |         |  |
|---|---------|--|
| <b>Розподіл часу за навчальним планом:</b>          |         |  |
| – лекції (годин)                                    | 20      |  |
| – практичні заняття (годин)                         | 24      |  |
| – семінарські заняття (годин)                       | –       |  |
| – лабораторні заняття (годин)                       | –       |  |
| – курсовий проект (робота) (годин)                  | –       |  |
| – інші види занять (годин)                          | –       |  |
| – самостійна робота (годин)                         | 46      |  |
| – індивідуальні завдання (науково-дослідне) (годин) | –       |  |
| – підсумковий контроль                              | екзамен |  |

### **Результати навчання та набуті компетентності**

Відповідно до ОНП «Техногенно-екологічна безпека» вивчення навчальної дисципліни ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження поліутантів та захисту компонентів довкілля» має забезпечити:

– досягнення здобувачами вищої освіти таких результатів навчання:

| <b>Програмні результати навчання</b>  | <b>ПРН</b>          |
|---|---------------------|
| Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження із захисту навколишнього середовища та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми | ПРН 06              |
| <b>Дисциплінарні результати навчання</b>  | <b>аббревіатура</b> |
| Застосовувати основні принципи вибору інструментарію для здійснення математичного моделювання процесів розповсюдження забруднюючих речовин у компонентах довкілля   | ДРН 01              |
| Використовувати вітчизняні та закордонні бази даних; оперувати різними базами даних для отримання необхідних вихідних даних для моделювання   | ДРН 02              |

– формування у ЗВО наступних компетентностей:

| <b>Програмні компетентності (загальні та професійні)</b>   | <b>ЗК, ПК</b> |
|--|---------------|
| Здатність планувати і виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері технологій захисту навколишнього середовища та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів   | СК 01         |
| Здатність виявляти слабкі сторони та недоліки в системах захисту навколишнього середовища, ставити відповідні наукові задачі і вирішувати їх з використанням інженерних, модельних, статистичних, експертних та інших методів наукових досліджень                                  | СК 03         |
| Здатність ідентифікувати загрози екологічній безпеці на державному, регіональному і локальному рівнях, оцінювати екологічні ризики антропогенної діяльності та впроваджувати інноваційні технології і заходи з мінімізації негативного впливу господарської діяльності на довкілля | СК 04         |
| Здатність до використання наукового обладнання та технологій, що відносяться до технологій захисту компонентів довкілля, проводити комплексний моніторинг атмосферного повітря,  | СК 06         |

|   |                     |
|---|---------------------|
| водного середовища та ґрунтів   |                     |
| Здатність створювати та аналізувати математичні моделі екологічних систем та процесів   | СК 09               |
| <b>Очікувані компетентності з дисципліни</b>  | <b>аббревіатура</b> |
| Здатність застосовувати основні принципи побудови математичних моделей процесів розповсюдження забруднюючих речовин у компонентах довкілля            | К 01                |
| Здатність використовувати вітчизняні та закордонні бази даних; оперувати різними базами даних для отримання необхідних вихідних даних для моделювання | К 02                |

### **Передумови для вивчення дисципліни**

Навчальна дисципліна викладається у 2 семестрі на 1 курсі підготовки, тому для її успішного опанування є необхідним опанування освітніх компонентів ОК 01 «Філософсько-методологічні основи наукових досліджень», ОК 02 «Академічна іноземна мова», ОК 10 «Технології утилізації небезпечних відходів», ОК 09 «Методологія та методи наукового аналізу у захисті довкілля».

### **Програма навчальної дисципліни**

*Теми навчальної дисципліни:*

#### **МОДУЛЬ № 1 «Теорія моделювання»**

##### **Тема 1.1. Основні поняття та положення математичного моделювання**

Поняття моделі. Призначення моделей. Їх класифікація. Поняття «моделювання». Мета моделювання. Класифікація моделей. Матеріальне моделювання. Фізичне моделювання. Аналогове моделювання. Ідеальне (абстракте) моделювання. *Наукове моделювання*. Поняття «теорія» і «модель». Інтуїтивне (неформалізоване) моделювання. Основні вимоги до моделей. Властивості моделей. Вимоги до суб'єкта моделювання.

##### **Тема 1.2. Математичні моделі**

Поняття математичної моделі. Класифікація математичних моделей. 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. Вимоги до математичної моделі. *Основні принципи і прийоми математичного моделювання*. Основні види математичного моделювання.

##### **Тема 1.3. Принципи математичного моделювання**

Простіші моделі. Основні підходи до їх побудови. Використання фундаментальних законів природи. Закон збереження енергії. Закон збереження маси. Закон збереження імпульсу. Використання варіаційних принципів. Застосування аналогій при побудові моделей. Модель



Мальтуса. Знаходження критеріїв подібності явищ за наявності математичної моделі. Теорія подібності. Правило заміщення. Теорема подібності. Знаходження критеріїв подібності явищ за відсутності математичної моделі.

#### **Тема 1.4. Предмет і завдання моделювання стану довкілля**

Види й особливості моделювання. Предметне моделювання. Знакове моделювання. Знакова модель. Стохастичне моделювання. Графічне моделювання. Основні фактори, що враховуються при екологічному моделюванні. Фактори зовнішнього впливу. Фактори внутрішнього впливу. *Принципи екологічного моделювання.*

#### **Тема 1.5. Моделювання процесів дифузії речовин**

Закон Фіка. Рівняння дифузії в нерухомому середовищі. Поняття «дифузія». Рівняння дифузії в нерухомому середовищі. *Рівняння дифузії в рухомому середовищі.* Рішення рівняння дифузії в нерухомому середовищі.

**Модульна контрольна робота № 1 «Теорія моделювання (за темою власного дисертаційного дослідження)».**

### **МОДУЛЬ № 2 «Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС»**

#### **Тема 2.1. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі**

Джерела антропогенного забруднення повітря. Санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи. Рівні ГДК якості повітря. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами. Перенос домішок в атмосфері та зворотні зв'язки. Рівняння балансу домішок. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок в атмосфері. *Процеси турбулентної дифузії.* Атмосферна турбулентність. Конвективна турбулентність. Механічна турбулентність. Процеси адвекції. Стійкість атмосфери. Інверсія. Модель турбулентної дифузії. Явища інерції та конвекції. Гравітаційне осадження частинок. Розрахунок формули для нормативних прогнозів.

#### **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 проблеми оптимізації викидів діючих підприємств**

Постановка задачі. Рівняння дифузії субстанцій. Оптимізація за допомогою основних рівнянь. Оптимізація за допомогою сполученої задачі. Тотожність Лагранжа. *Теорія збурень.* Найпростіший випадок теорії

збурень.

#### **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 ресурсозберегаючих і екологічно безпечних технологій для ефективного природокористування. *Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів.*

#### **Тема 2.5. Моделювання наслідків впливу на довкілля військових дій та повоєнної відбудови країни**

Моделювання наслідків впливу на атмосферу військових дій та повоєнної відбудови країни. Моделювання наслідків впливу на гідросферу військових дій та повоєнної відбудови країни. Моделювання наслідків впливу на літосферу військових дій та повоєнної відбудови країни.

**Модульна контрольна робота № 2 «Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС (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 |
| <b>1-й рік, 2-й семестр</b>   |                    |              |                                 |  |                   |                            |
| <b>Модуль 1. Теорія моделювання</b>                                     |                    |              |                                 |  |                   |                            |
| <b>Тема 1.1.</b> Основні поняття та положення математичного моделювання | 10                 | 2            | 4                               | 0                                      | 2                 | 2                          |
| <b>Тема 1.2.</b> Математичні моделі                                     | 8                  | 2            | 4                               | 0                                      | 2                 | 2                          |
| <b>Тема 1.3.</b> Принципи математичного моделювання                     | 8                  | 2            | 2                               | 0                                      | 2                 | 2                          |
| <b>Тема 1.4.</b> Предмет і завдання моделювання стану довкілля          | 8                  | 2            | 4                               | 0                                      | 2                 | 2                          |
| <b>Тема 1.5.</b> Моделювання процесів дифузії речовин                   | 10                 | 2            | 2                               | 0                                      | 2                 | 4                          |

|  |           |           |           |          |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| <b>Разом за модулем 1</b>  | <b>44</b> | <b>10</b> | <b>14</b> | <b>0</b> | <b>10</b> | <b>12</b> |
| <b>1-й рік, 2-й семестр</b>  |           |           |           |          |           |           |
| <b>Модуль 2. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС</b>                     |           |           |           |          |           |           |
| <b>Тема 2.1.</b> Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі                | 16        | 4         | 2         | 0        | 4         | 4         |
| <b>Тема 2.2.</b> Моделі розповсюдження забруднюючих речовин у поверхневих водах                        | 10        | 2         | 2         | 0        | 2         | 4         |
| <b>Тема 2.3.</b> Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств                           | 10        | 2         | 2         | 0        | 2         | 2         |
| <b>Тема 2.4.</b> Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їхнього збереження                            | 10        | 2         | 2         | 0        | 4         | 2         |
| <b>Тема 2.5.</b> Моделювання наслідків впливу на довкілля військових дій та повоєнної відбудови країни | 4         | 0         | 0         | 0        | 2         | 2         |
| <b>Разом за модулем 2</b>  | <b>46</b> | <b>10</b> | <b>8</b>  | <b>0</b> | <b>14</b> | <b>14</b> |
| <b>Разом</b>   | <b>90</b> | <b>20</b> | <b>24</b> | <b>0</b> | <b>20</b> | <b>26</b> |

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

#### **Теми практичних занять**

| <b>№ з/п</b> | <b>Назва теми<br/>Очна (денна, вечірня) форма навчання</b>                              | <b>Кількість годин</b> |
|--------------|---|------------------------|
| 1, 2         | <b>Тема 1.1.</b> Наукове моделювання  | 4                      |
| 3, 4         | <b>Тема 1.2.</b> Основні принципи і прийоми математичного моделювання                   | 4                      |
| 5            | <b>Тема 1.3.</b> Знаходження критеріїв подібності явищ за наявності математичної моделі | 2                      |
| 6, 7         | <b>Тема 1.4.</b> Принципи екологічного моделювання                                      | 4                      |
| 8            | <b>Тема 1.5.</b> Рівняння дифузії в рухомому середовищі                                 | 2                      |
| 9            | <b>Тема 2.1.</b> Процеси турбулентної дифузії   | 2                      |
| 10           | <b>Тема 2.2.</b> Метод Фролова-Родзилера  | 2                      |
| 11           | <b>Тема 2.3.</b> Теорія збурень   | 2                      |
| 12           | <b>Тема 2.4.</b> Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів  | 2                      |
|              | <b>Разом</b>  | <b>24</b>              |

#### **Орієнтовна тематика індивідуальних завдань**

Відповідно до робочого навчального плану передбачено особливий

вид індивідуального завдання – виконання модульних контрольних робіт на тему: «Модуль 1. Теорія моделювання», «Модуль 2. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС» (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 та методи демонстрування результатів навчання:

– 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<br>Очна (денна, вечірня) форма навчання         |                               | Кількість навчальних занять | Максимальний бал за вид навчального заняття | Сумарна максимальна кількість балів за видами навчальних занять |
|--|-------------------------------|-----------------------------|---|---|
| <b>I. Поточний контроль</b>  |                               |                             |   |   |
| Модуль 1   | лекції                        | 5                           | 0   | 0   |
|  | практичні заняття*            | 8                           | 1   | 8   |
|  | Модульна контрольна робота 1* | 1                           | 24  | 24  |
| <b>Разом за модуль 1</b>   |                               |                             |   | 32  |
| Модуль 2   | лекції                        | 5                           | 0   | 0   |
|  | практичні заняття*            | 4                           | 1   | 4   |
|  | Модульна контрольна робота 2* | 1                           | 24  | 24  |
| <b>Разом за модуль 2</b>   |                               |                             |   | 28  |
| <b>Разом за поточний контроль</b>                                      |                               |                             |   | 60  |
| <b>II. Індивідуальні завдання (власна науково-дослідна діяльність)</b> |                               |                             |   | 10  |

|   |            |
|---|------------|
| здобувача вищої освіти, публікація і апробація її результатів)  |            |
| <b>III. Підсумковий контроль (екзамен)*</b>                     | <b>30</b>  |
| <b>Разом за всі види навчальних занять та контрольні заходи</b> | <b>100</b> |

*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 2 індивідуальних теоретичних питань, які носять реферативний характер, та 1 практичного завдання. Відповіді на питання повинні складатися з чітко сформульованого завдання, опису рішення, наявності графічного матеріалу, таблиць і формул (за необхідності), обґрунтованого, змістовного висновку. 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 24 балів):*

20–24 балів – вірно виконані всі завдання з дотриманням всіх вимог до виконання;

12–19 бал – вірно виконані всі завдання, але недостатнє обґрунтування відповіді, допущені незначні граматичні чи стилістичні помилки;

1–11 балів – завдання виконані частково;

0 балів – відповідь відсутня, завдання не виконане.

***Перелік завдань для виконання МКР № 1  
«Теорія моделювання»***

**Варіант № 1**

1. Основні поняття та положення математичного моделювання.
2. Основні принципи і прийоми математичного моделювання.

**Варіант № 2**

1. Поняття моделі.
2. Основні види математичного моделювання.

**Варіант № 3**

1. Призначення моделей.
2. Простіші математичні моделі. Основні підходи до їх побудови.

**Варіант № 4**

1. Класифікація моделей.
2. Використання фундаментальних законів природи в математичному моделюванні: закону збереження енергії, закону збереження маси та закону збереження імпульсу.

**Варіант № 5**

1. Поняття «моделювання».
2. Використання варіаційних принципів та аналогій при побудові математичних моделей.

**Варіант № 6**

1. Мета моделювання.
2. Модель Мальтуса.

**Варіант № 7**

1. Матеріальне моделювання.
2. Знаходження критеріїв подібності явищ за наявності математичної моделі.

**Варіант № 8**

1. Фізичне моделювання.
2. Теорія подібності.

**Варіант № 9**

1. Аналогове моделювання.
2. Знаходження критеріїв подібності явищ за відсутності математичної моделі.

**Варіант № 10**

1. Ідеальне (абстрактне) моделювання.
2. Предмет і завдання моделювання стану довкілля.

**Варіант № 11**

1. Наукове моделювання.
2. Види й особливості моделювання стану довкілля.

**Варіант № 12**

1. Поняття «теорія» і «модель».

2. Предметне моделювання стану довкілля.

**Варіант № 13**

1. Інтуїтивне (неформалізоване) моделювання.

2. Знакове моделювання стану довкілля.

**Варіант № 14**

1. Основні вимоги до моделей.

2. Стохастичне моделювання стану довкілля.

**Варіант № 15**

1. Властивості моделей.

2. Графічне моделювання стану довкілля.

**Варіант № 16**

1. Вимоги до суб'єкта моделювання.

2. Основні фактори, що враховуються при екологічному моделюванні.

**Варіант № 17**

1. Поняття математичної моделі.

2. Фактори зовнішнього впливу при екологічному моделюванні.

**Варіант № 18**

1. Класифікації математичних моделей.

2. Фактори внутрішнього впливу при екологічному моделюванні.

**Варіант № 19**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від характеру відображуваних властивостей об'єкта.

2. Принципи екологічного моделювання.

**Варіант № 20**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від способу побудови моделі.

2. Моделювання процесів дифузії речовин.

**Варіант № 21**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від складності об'єкта моделювання.

2. Рівняння дифузії в нерухомому середовищі.

**Варіант № 22**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від оператора моделі.

2. Поняття «дифузія».

**Варіант № 23**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від параметрів.

2. Рівняння дифузії в рухомому середовищі.

**Варіант № 24**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від мети моделювання.

2. Рішення рівняння дифузії в нерухомому середовищі.

**Варіант № 25**

1. Класифікація математичних моделей в залежності від методів

дослідження.

2. Закон Фіка.

### **Варіант № 26**

1. Вимоги до математичної моделі.

2. Правило заміщення. Теорема подібності.

### *Характеристика практичного індивідуального завдання для виконання МКР № 1:*

Для основної забруднюючої речовини, що надходить до компоненту довкілля з 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 розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС»*

#### **Варіант № 1**

1. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

2. Метод Фролова-Родзилера.

#### **Варіант № 2**

1. Джерела антропогенного забруднення повітря.

2. Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у контрольних створах.

#### **Варіант № 3**

1. Санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи.

2. Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств.

#### **Варіант № 4**

1. Рівні ГДК якості повітря.

2. Постановка задачі.

#### **Варіант № 5**

1. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами.

2. Рівняння дифузії субстанцій.

#### **Варіант № 6**

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

2. Оптимізація за допомогою основних рівнянь.

#### **Варіант № 7**

1. Рівняння балансу домішок.

2. Оптимізація за допомогою сполученої задачі.

#### **Варіант № 8**

1. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок



в атмосфері.

2. Тотожність Лагранжа.

**Варіант № 9**

1. Процеси турбулентної дифузії.

2. Теорія збурень.

**Варіант № 10**

1. Атмосферна турбулентність.

2. Найпростіший випадок теорії збурень.

**Варіант № 11**

1. Конвективна турбулентність.

2. Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їхнього збереження.

**Варіант № 12**

1. Механічна турбулентність.

2. Глобальні функції ґрунтів.

**Варіант № 13**

1. Процеси адвекції.

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

**Варіант № 14**

1. Стійкість атмосфери.

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

**Варіант № 15**

1. Інверсія.

2. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи аналізу ефективності соціальної функції ґрунтів.

**Варіант № 16**

1. Модель турбулентної дифузії.

2. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи визначення раціональних ресурсозберегаючих і екологічно безпечних технологій.

**Варіант № 17**

1. Явища інерції та конвекції.

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

**Варіант № 18**

1. Гравітаційне осадження частинок.

2. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів.

**Варіант № 19**

1. Розрахунок формули для нормативних прогнозів.

2. Застосування ГІС-технологій у моделюванні природоохоронних процесів.

**Варіант № 20**

1. Моделі розповсюдження забруднюючих речовин у поверхневих водах.
2. Підтоплення ґрунтів та моделі наслідків цього явища.

**Варіант № 21**

1. Початкове та основне розбавлення стічних вод.
2. Зв'язок експериментальних досліджень та моделювання.

**Варіант № 22**

1. Кратність розбавлення.
2. Адаптація математичних апаратів до об'єктів моделювання.

**Варіант № 23**

1. Методи розрахунку кратності початкового розбавлення.
2. Особливості моделювання природоохоронних процесів щодо об'єктів підвищеного ризику.

**Варіант № 24**

1. Методи розрахунку кратності основного розбавлення.
2. Апроксимація даних при математичному моделюванні та застосування  $\beta$ -розподілу.

**Варіант № 25**

1. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у водойми та моря.
2. Моделювання у структурі процесу побудови систем управління екологічною безпекою.

**Варіант № 26**

1. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у річки.
2. Моделювання фізико-хімічних процесів активації реагентів для очищення стічних вод.

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

Для основної забруднюючої речовини, що надходить до компоненту довкілля з об'єкту дисертаційного дослідження 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 обраного для моделювання процесу негативного впливу на компонент НПС чи процесу нейтралізації такого впливу, вибір та описання математичного апарату для моделювання процесу, завдання граничних на початкових умов моделі, отримання набору вихідних даних для моделювання, описання та аналіз результатів моделювання, висновки за виконаним 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;

20–24 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;

10–19 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, до-

пускаючи 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):*

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 I*

#### *«Теорія моделювання»*

1. Основні поняття та положення математичного моделювання.
2. Основні принципи і прийоми математичного моделювання.
3. Поняття моделі.
4. Основні види математичного моделювання.
5. Призначення моделей.
6. Простіші математичні моделі. Основні підходи до їх побудови.
7. Класифікація моделей.
8. Використання фундаментальних законів природи в математичному моделюванні: закону збереження енергії, закону збереження маси та закону збереження імпульсу.
9. Поняття «моделювання».
10. Використання варіаційних принципів та аналогій при побудові математичних моделей.
11. Мета моделювання.
12. Модель Мальтуса.
13. Матеріальне моделювання.
14. Знаходження критеріїв подібності явищ за наявності

математичної моделі.

15. Фізичне моделювання.
16. Теорія подібності.
17. Аналогове моделювання.
18. Знаходження критеріїв подібності явищ за відсутності математичної моделі.
19. Ідеальне (абстрактне) моделювання.
20. Предмет і завдання моделювання стану довкілля.
21. Наукове моделювання.
22. Види й особливості моделювання стану довкілля.
23. Поняття «теорія» і «модель».
24. Предметне моделювання стану довкілля.
25. Інтуїтивне (неформалізоване) моделювання.
26. Знакове моделювання стану довкілля.
27. Основні вимоги до моделей.
28. Стохастичне моделювання стану довкілля.
29. Властивості моделей.
30. Графічне моделювання стану довкілля.
31. Вимоги до суб'єкта моделювання.
32. Основні фактори, що враховуються при екологічному моделюванні.
33. Поняття математичної моделі.
34. Фактори зовнішнього впливу при екологічному моделюванні.
35. Класифікації математичних моделей.
36. Фактори внутрішнього впливу при екологічному моделюванні.
37. Класифікація математичних моделей в залежності від характеру відображуваних властивостей об'єкта.
38. Принципи екологічного моделювання.
39. Класифікація математичних моделей в залежності від способу побудови моделі.
40. Моделювання процесів дифузії речовин.
41. Класифікація математичних моделей в залежності від складності об'єкта моделювання.
42. Рівняння дифузії в нерухомому середовищі.
43. Класифікація математичних моделей в залежності від оператора моделі.
44. Поняття «дифузія».
45. Класифікація математичних моделей в залежності від параметрів.
46. Рівняння дифузії в рухомому середовищі.
47. Класифікація математичних моделей в залежності від мети моделювання.
48. Рішення рівняння дифузії в нерухомому середовищі.
49. Класифікація математичних моделей в залежності від методів дослідження.
50. Закон Фіка.

51. Вимоги до математичної моделі.
52. Правило заміщення. Теореми подібності.

## *Модуль 2*

### *«Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в компонентах НПС»*

1. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
2. Метод Фролова-Родзилера.
3. Джерела антропогенного забруднення повітря.
4. Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у контрольних створах.
5. Санітарно-гігієнічні й екологічні нормативи.
6. Математичні проблеми оптимізації викидів діючих підприємств.
7. Рівні ГДК якості повітря.
8. Постановка задачі.
9. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами.
10. Рівняння дифузії субстанцій.
11. Перенос домішок в атмосфері та зворотні зв'язки.
12. Оптимізація за допомогою основних рівнянь.
13. Рівняння балансу домішок.
14. Оптимізація за допомогою сполученої задачі.
15. Основні процеси та фактори визначення розповсюдження домішок в атмосфері.
16. Тотожність Лагранжа.
17. Процеси турбулентної дифузії.
18. Теорія збурень.
19. Атмосферна турбулентність.
20. Найпростіший випадок теорії збурень.
21. Конвективна турбулентність.
22. Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їхнього збереження.
23. Механічна турбулентність.
24. Глобальні функції ґрунтів.
25. Процеси адвекції.
26. Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з метою аналізу і мінімізації антропогенного впливу.
27. Стійкість атмосфери.
28. Моделювання процесів меліоративного впливу з метою недопущення розвитку негативних процесів і деградації ґрунтів.
29. Інверсія.
30. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи аналізу ефективності соціальної функції ґрунтів.
31. Модель турбулентної дифузії.

32. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи визначення раціональних ресурсозберегаючих і екологічно безпечних технологій.
33. Явища інерції та конвекції.
34. Моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи ефективного природокористування.
35. Гравітаційне осадження частинок.
36. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів.
37. Розрахунок формули для нормативних прогнозів.
38. Застосування ГІС-технологій у моделюванні природоохоронних процесів.
39. Моделі розповсюдження забруднюючих речовин у поверхневих водах.
40. Підтоплення ґрунтів та моделі наслідків цього явища.
41. Початкове та основне розбавлення стічних вод.
42. Зв'язок експериментальних досліджень та моделювання.
43. Кратність розбавлення.
44. Адаптація математичних апаратів до об'єктів моделювання.
45. Методи розрахунку кратності початкового розбавлення.
46. Особливості моделювання природоохоронних процесів щодо об'єктів підвищеного ризику.
47. Методи розрахунку кратності основного розбавлення.
48. Апроксимація даних при математичному моделюванні та застосування  $\beta$ -розподілу.
49. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у водойми та моря.
50. Моделювання у структурі процесу побудови систем управління екологічною безпекою.
51. Розрахунок кратності основного розбавлення при скиді стічних вод у річки.
52. Моделювання фізико-хімічних процесів активації реагентів для очищення стічних вод.

### **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; традиційний;
- *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. Серікова 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 згорання. 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 І.Н., Бетин А.В. Математические модели в экологии. Ч.1. Учеб. пособие. Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. 68 с.

11. Брук В.В., Берешко І.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: КПІ 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. Боголюбящий 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.

22. Зелені технології у промисловості: Монографія / І.А. Василенко, Є.В. Чупринов, А.В. Іванченко та ін. Дніпро: Акцент ПП, 2019. 366 с.

23. Іванов В.Г. Екологічна хімія: конспект лекцій. Х.: Вид. ХНЕУ, 2013. 108 с.

24. Мітрясова О.П. Хімічна екологія: навч. посібник. Вид. 2-е, вип. та доп. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. 318 с.

25. Сучасні екологічно чисті технології: Курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.М. Павленко, В.Ю. Тобілко, А.І. Бондарева. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 78 с.

26. Ранський А.П. Органічна хімія і екологія: В 2-х частинах. Частина 1. Теоретичні основи органічної хімії. Аліфатичні вуглеводні : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. 120 с.

27. Ранський А.П. Органічна хімія і екологія: В 2-х частинах. Частина 2. Ароматичні вуглеводні. Функціональні похідні : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. 249 с.

28. Костік В.В. Екологічна хімія: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 127 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](http://fteb.nuczu.edu.ua/images/osvitni-programi/2021/183_teb_df_22.pdf).

3. Робоча програма професійного обов'язкового освітнього компонента ОК 11 «Математичне моделювання розповсюдження забруднюючих речовин у навколишньому середовищі» 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. Бабакін, 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>.

4. Науково-технічний журнал «Збалансоване природокористування». URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/about>.

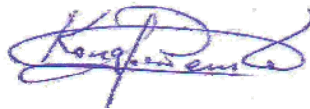
### Розробники:

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