Національний технічний університет
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ І
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Екології та технології
рослинних полімерів

Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС.
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*10 Природничі науки*
Спеціальність	*101 Екологія*
Освітня програма	*Екологічна безпека*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)/очна(вечірня)*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*4 (120)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен*
Розклад занять	*3 години на тиждень (1 година лекційних та 2 години лабораторни робіт)*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: к.т.н., доцент, Сіренко Л.В., https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/sirenko-lyudmila-viktorivna.html. Лабораторні : к.т.н., доцент Радовенчик Я.В., - https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/radovenchik-yaroslav-vyacheslavovich.html*
Розміщення курсу	*https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=4713*

Програма навчальної дисципліни

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

Глобальні зміни екологічних систем, що мають місце на даний час, є наслідком впливів діяльності людини. Тому, важливою задачею науки є прогноз зміни екологічних систем під впливом природних та антропогенних факторів. Застосування математичних методів та підходів для вирішення цієї задачі дозволяє:дослідити закономірності та особливості розповсюдження шкідливих речовин; здійснити раціональне розміщення промислових підприємств, які є основними джерелами забруднюючих речовин; прийняти міри по запобіганню небезпечних наслідків забруднення і в цілому ефективно організувати та оптимізувати процес управління охороною навколишнього природного середовища.

Предмет навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС»- процес формалізації задач, що виникають при організації та оптимізації процесу управління

охороною навколишнього природного середовища, у вигляді математичних моделей та їх дослідження методами математичного моделювання.

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань в області систематизації інформації, методик обробки та аналізу експериментальних досліджень, методів моделювання і прогнозування. Відповідно до мети підготовка за даною спеціальністю вимагає формування у студентів наступних компетентностей:

- *навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; К02*
- *здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень. К23*

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС» студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- *уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень; ПР08*
- *уміти застосовувати програмні засоби, ГІС-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.ПР10;*
- *уміти доносити результати діяльності до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення ПР14.*

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

Вивчення дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні наступних дисциплін: «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Організація та управління природоохоронною діяльністю». Навчальна дисципліна «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС» забезпечує виконання дипломного проекту та дисципліни другого магістерського рівня вищої освіти .

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. *Загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля*

Тема 1. Коплекс взаємозв”язаних задач аналізу та прогнозу екологічних процесів

Тема 2. Фізичні основи моделювання та прогнозу процесів забруднення навколишнього середовища.

Розділ 2. *Основні напрямки моделювання та прогнозування стану довкілля*

Тема 3. Чисельно-аналітичні та емпірико-статистичні методи моделювання та прогнозу процесів забруднення довкілля.

Тема 4. Експертні системи в екологічних задачах

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. *Ясковець І.І., Протас Н.М., Осипова Т.Ю., Касаткін Д.Ю. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ [підручник] / І.І. Ясковець, Н.М. Протас, Т.Ю. Осипова, Д.Ю. Касаткін // - К.: НУБіП України, 2018.- 566 с.*

2. *Математичне моделювання систем і процесів / Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. - К., НАУ, 2017.- 392 с.*
3. *Моделювання та оптимізація систем: підручник /Дубовой В. М., Квєтний Р. Н., Михальов О.І., Усов А. В. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс», 2017. – 804 с.*
4. *Моделювання та прогнозування стану довкілля. Курс лекцій. Спеціальність 101 «Екологія». / Укладач: О.В. Рибалова. Х: НУЦЗУ, 2016. - 221с.*
5. *Бараннік В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (для студентів спеціальності 101 – Екологія.) / В. О. Бараннік ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 146 с.*
6. *Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи та самостійної роботи з курсу "Моделювання та прогнозування стану довкілля" для студентів напрямку підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. [Електронний ресурс] / Укл. Сіренко Л.В. – Київ: НТУУ»КПІ», 2012.- http://library.kpi.ua.*

Додаткова література

7. *Геоінформаційні технології в екології: Навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевичук Л.Д., Шапорев В.П., Моісеєв В.Ф/.– Чернівці. - 2012.– 273 с.*
8. *Біляєв, М. М. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник для студентів вищ. навч. закладів / М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, П. С. Кіріченко. – Кривий Ріг: Видавець Р.А.Козлов, 2016. – 207 с.*
9. *Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник /Лаврик В.І. - "Академія", 2010.– 400с.*
10. *Тарасова В.В. Екологічна статистика. – К.: ЦУЛ, 2008. – 392 с.*
11. *Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навч. посібник. / П. І. Ковальчук. – Київ : Либідь, 2003. – 208 с.*
12. *Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / Т.Б. Михайлівська, В.М. Ісаєнко, В.А. Гроза, В.М. Криворотько. – К.: Книжне вид-во «НАУ», 2006. – 212 с.*
13. *Диханов С.М. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Посібник та збірник завдань до самостійної та індивідуальної роботи. – Одеська державна академія холоду, 2010. – 390 с.*

Інформаційні ресурси в Інтернеті

14. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - https://mepr.gov.ua/*
15. *http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:надання сучасних знань з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС»; забезпечення в процесі лекції активної роботи студентів з метою формування у них необхідного інтересу до дисципліни, розвитку самостійного творчого мислення ; доступність для сприйняття даної аудиторією, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;виділення головних думок і положень, підкреслення висновків.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Місце та роль задач моделювання у комплексі задач аналізу та прогнозу екологічних процесів. Літ. (1; 3; 6; 7; 9;10). Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Літ. (с.12-13)	2
2	Системні аспекти дослідження екологічних процесів. Літ. (2; 6; 7; 9;10) .Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Літ. (4 с.12-13)	2
3	Загальна характеристика проблеми моделювання систем. Класифікація видів моделювання систем. Літ. (1;3;). Завдання на СРС: ознайомитись з загальною схемою побудови моделі. Літ. (1 с.27-29)	2
4	Аналіз фізичних явищ, які лежать в основі екологічних процесів та їх математичний опис. Критерії турбулентного руху атмосфери. Літ. (2;9; 10). Завдання на СРС: ознайомитись з антропогенними змінами клімату міст. Літ. (2 с.14-22).	2
5	Виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливої домішки в атмосфері. Літ. (1 с.38-45; 9). Завдання на СРС: ознайомитись з оцінкою якості води в басейнах річок та водоймищ в умовах антропогенного впливу. Теоретичні основи розрахункових методів. Літ. (12 с.92-205).	2
6	Прогностичні рівняння, їх інтегрування. Літ. (1 с.47-49; 10). Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Літ. (4 с.13-14)	2
7	Характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному шарі атмосфери. Літ. (6; 9; 10). Завдання на СРС: ознайомитись з методами дискретизації прогностичних диференційних рівнянь. Літ. (1 с.51-54)	2
8	Застосування експертних систем для прийняття рішень в екологічних задачах. Загальна структура системи підтримки прийняття рішень. Літ. (2 с.45-57; 11). Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Літ. (4 с.14)	2
9	Визначення параметрів процесу забруднення за допомогою системи підтримки прийняття рішення. Літ. (2 с.45-57; 11). Завдання на СРС: ознайомитись з загальними можливостями ГІС. Літ. (8).	2
	Всього годин	18

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи мають на меті закріпити теоретичні положення кредитного модуля, набуті під час лекцій та у процесі вивчення навчальної інформації, що виноситься на самостійне опрацювання. Основні завдання циклу лабораторних робіт: допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області математичного моделювання та прогнозування стану довкілля; навчити студентів використовувати знання з моделювання для вирішення задач, які виникають у процесі контролю і аналізу за станом забруднення довкілля; навчити студентів практично застосовувати чисельно-аналітичні, емпіричні методи та експертні системи в задачах математичного моделювання та прогнозу процесу забруднення довкілля; навчити студентів працювати з науковою та довідковою літературою.

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. год
1	Прогноз розповсюдження концентрації шкідливих домішок від декількох джерел на промисловій площині з застосування ком"ютерної програми, яка реалізує загальновизнану методику. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи.	6
2	Робота з комп"ютерними базами ГДК повітря, води, грунту.	4
3	Визначення гранично-допустимого скиду речовин у водний об'єкт з застосуванням комп'ютерної програми «SBROS». Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для розрахунку ГДС.	6
4	Визначення потужності викидів забруднюючих речовин при спалюванні різних видів палива..	6
5	Комп"ютерне моделювання забруднення повітряного басейну від енергетичних установок.	6
6	Прийняття рішення в задачах вибору адекватної моделі прогнозу екологічних ситуацій.	6
7	Модульна контрольна робота.	2
	Всього годин	36

Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 55 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі.

з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Загальна схема побудови моделі забруднення повітряного басейну. Літ. (1 с.27-29)	2
2	Антропогенні зміни клімату міст. Літ. (2 с.14-22)	2
3	Оцінка якості води в басейнах річок та водоймищ в умовах антропогенного впливу. Теоретичні основи розрахункових методів. . Літ. (12 с. 92-205).	2
4	Методи дискретизації прогностичних диференційних рівнянь. Літ.(1 с.51-54)	2
5	Загальні можливості ГІС Літ. (8)	2
6	Підготовка до лекцій	4
7	Виконання практичних домашніх завдань	5
8	Модульна контрольна робота	2
9	Розрахунково-графічна робота	15
10	Екзамен	30
	Всього годин	66

Індивідуальні завдання

З метою поглиблення знань студентів з дисципліни, отримання досвіду самостійної роботи в області математичного моделювання та прогнозування стану довкілля, пропонується виконання індивідуального завдання у вигляді розрахунково-графічної роботи на тему «Моделювання забруднення повітряного басейну від одиночного джерела», виконання якої має наступні цілі:

- систематизація та закріплення знань, які студенти отримали під час вивчення теоретичного матеріалу,

- набуття і закріплення практичних навичок самостійної роботи по застосуванню чисельно-аналітичних методів в задачах математичного моделювання та прогнозу процесу забруднення довкілля. Вимоги до структури, змісту і оформлення роботи приведено в Літ. (6).

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

- *https://www.coursera.org/learn/problem-solving;*
- *https://www.coursera.org/learn/ecosystem-services.*

Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час здачі РГР та екзамену.

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі.

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

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестровий контроль
8	4	120	18	-	36	66	1	1	екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за результатами поточного контролю (стартовий рейтинг 50 балів) та екзаменаційного рейтингу (50 балів) .
Поточний контроль: виконання 6 лабораторних робіт, РГР, МКР.

Критерії нарахування балів:

1. Виконання лабораторних робіт:

- *правильно виконана, оформлена та захищена робота – 4 бали;*
- *є певні несуттєві недоліки у виконанні або захисті роботи – 3 бали;*
- *є певні недоліки у підготовці,виконанні та захисті роботи – 1-2 бали;*
- *невиконання роботи – 0 балів,*
- *за відсутність на заняттях без поважних причин нараховується штрафні – 1 бал.*

2. Модульна контрольна робота оцінюються з 10 балів:

- *повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;*
- *достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями –7 - 8 балів;*
- *неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки -5- 6 балів;*
-, *відповідь поверхнева – 1-4 бали.*
- *відповідь відсутня 0 балів.*

3. Розрахунково-графічна робота оцінюється з 16 балів.

- *виконані всі вимоги до роботи - 15-16 балів*
- *виконані майже всі вимоги до роботи або є несуттєві помилки – 12-14 балів :*
- *є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 9-11 балів;*
- *незадовільна робота - 1-8 балів,*
- *роботу не зараховано (робота не виконана) – 0 балів.*
- *за кожний тиждень запізнення з поданням РГР на перевірку нараховуються штрафні - 2 бали.*

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

Умовою першої атестації є отримання не менше 10 балів та виконання лабораторних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації є отримання не менше 18 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) та зарахування РГР.
Семестровий контроль: екзамен.
На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у 25 балів

Система оцінювання теоретичних питань:

- *«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) 25-23 балів*
- *«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або відповідь з незначними неточностями 22-18 балів ;*
- *«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) 17 - 15 балів ;*
- *«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.*

Таким чином рейтингова семестрова шкала з дисципліни складає:

$$R = 6 \cdot 4 + 1 \cdot 10 + 16 + 2 \cdot 25 = 100 \text{ балів}$$

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за РГР / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше 25 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Рейтингова оцінка здобувача	*Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей*
95...100	*Відмінно*
85...94	*Дуже добре*
75...84	*Добре*
65...74	*Задовільно*
60...64	*Достатньо*
Менше 60	*Незадовільно*
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	*Не допущено*

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток А)*
- *вихідні дані для виконання РГР (додаток В)*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено *доц., к.т.н., Сіренко Л.В.*

Ухвалено кафедрою *_ Е та ТРП (протокол № 14 від 08.06.22)*

Погоджено *Методичною комісією ІХФ (протокол № 10 від 24.06.22)*

Перелік питань до семестрової атестації
Додаток А

1. Обгрунтувати необхідність застосування системного підходу до рішення екологічних задач.
5. Визначитиосновні припущення, які використовуються для рішення рівняння турбулентної дифузії в аналітичному вигляді

$$u\frac{dq}{dt} - w\frac{dq}{dz} = \frac{d}{dz}k_z\frac{dq}{dz} + \frac{d}{dy}k_y\frac{dq}{dy} - aq.$$

6. Визначити загальну структуру системи підтримки прийняття рішень в екологічних задачах.
7. Проаналізувати загальне рівняння турбулентної дифузії, що відображає процес розповсюдження домішки у приземному шарі атмосфери.
8. Проаналізувати вплив антропогенних змін клімату міста на забруднення повітряного басейну.
9. Визначити основні задачі, які вирішуються за допомогою автоматизованих систем в комплексі екологічних заходів
10. Навести загальну характеристику проблеми моделювання систем.
11. Проаналізувати параметри, що впливають на характеристики турбулентності κ_y,, κ_zприземного шару атмосфери у рівнянні турбулентної дифузії:

$$u\frac{\partial q}{\partial x} - \omega\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y}k_y\frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial q}{\partial z} - \alpha q$$

12. Дати визначення термінам «математичне моделювання», «аналітичне моделювання».
13. Проаналізувати критерії турбулентного руху атмосфери.
14. Представити класифікацію видів моделювання за ознаками характеру процесів, які досліджуються.
15. Навести алгоритм виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливих домішок в атмосфері
16. Представити класифікацію основних дифузійних моделей забруднення повітря.
17. Перерахувати основні фактори середовища , які впливають на розподіл забруднюючої домішки в атмосфері.
18. Представити класифікацію видів моделювання за формою представлення об'єкта дослідження.
19. Перерахувати умови спрощення прогностичного рівняння турбулентної дифузії та надати його математичний опис.
20. Охарактеризувати задачі та основні напрямки прогнозу забруднення навколишнього середовища.
21. Визначити методи дискретизації диференційних рівнянь.
22. Визначити загальну структуру експертних систем при вивченні процесів розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
23. Представити математичну модель розповсюдження шкідливих домішок для водних об"єктів.
24. Провести порівняння класичного та системного підходів у моделюванні систем.
25. Навести характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному шарі атмосфери.
26. Представити склад вихідних даних для побудови моделі забруднення повітряного середовища від одиночного джерела.
27. Визначити граничні умови при розв'язанні рівняння турбулентної дифузії для точкового джерела.
28. Представити загальну схему побудови моделі забруднення повітряного басейну промисловим підприємством.
29. Проаналізувати рівняння турбулентної дифузії, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою та визначити умови його спрощення.

$$u\frac{dq}{dt} - w\frac{dq}{dz} = \frac{d}{dz}k_z\frac{dq}{dz} + \frac{d}{dy}k_y\frac{dq}{dy} - aq.$$

30. Навести загальні вимоги до моделей забруднення повітряного басейну.
31. Перелічити основні припущення, які використовуються при побудові прогностичного рівняння розповсюдження домішки.
32. Навести основні аналітичні моделі забруднення повітря від одиночного джерела та умови їх застосування.
33. Проаналізувати способи представлення знань в експертних системах.

34. Проаналізувати основні напрямки математичного моделювання процесів забруднення навколишнього середовища.
35. Вивести рівняння турбулентної дифузії для турбулентного переносу домішки.
36. Визначити загальні етапи процесу моделювання систем на прикладі моделювання процесу забруднення атмосфери промисловим об'єктом.
37. Представити рівняння турбулентної дифузії і граничні умови для лінійного джерела.
38. Охарактеризувати умови застосування емпіричних та статистичних моделей для вивчення закономірностей розповсюдження шкідливих домішок.
39. Вивести рівняння турбулентної дифузії для адвективного переносу.
40. Визначити загальні показники, що характеризують екологічний стан міста.
41. Навести основні припущення, що використовуються для аналітичного вирішення задачі прогнозу забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою від стаціонарного джерела.
42. Проаналізувати основні напрямки математичного моделювання процесів забруднення навколишнього середовища.
43. Провести порівняння граничних умов при дослідженні процесу поширення домішок в атмосфері від одиночного джерела для випадків розповсюдження шкідливої домішки над водною поверхнею і поверхнею ґрунту.
44. Навести умови застосування системи підтримки прийняття рішення для визначення параметрів процесу забруднення довкілля
45. Проаналізувати умови спрощення основного диференціального рівняння, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою:

$$\frac{\partial q}{\partial t}+u\frac{\partial q}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial q}{\partial y}+\omega\frac{\partial q}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}(k_x+D)\frac{\partial q}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}(k_y+D)\frac{\partial q}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}(k_z+D)\frac{\partial q}{\partial z}-\alpha q$$

46. Представити види атмосферних стратифікацій за ознакою вертикального градієнту температуру повітря .
47. Навести формули по визначенню коефіцієнтів турбулентної дифузії у приземному та пограничному шарах атмосфери.
48. Перелічити загальні показники, що застосовуються в інформаційних системах екологічного моніторингу міст.
49. Проаналізувати рівняння турбулентної дифузії, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою та визначити умови його спрощення.

$$u\frac{dq}{dt}-w\frac{dq}{dz}=\frac{d}{dz}k_z\frac{dq}{dz}+\frac{d}{dy}k_y\frac{dq}{dy}-aq.$$

50. Охарактеризувати основні типи аналітичних моделей забруднення повітря.
51. Навести вихідні показники джерел забруднення та середовища для визначення концентрації домішок шляхом інтегрування прогностичних рівнянь.
52. Провести порівняння характерних видів інверсій температури для міста та його околиць.
53. Навести математичний опис задачі прогнозу забруднення повітря від точкового джерела за допомогою теорії атмосферної дифузії.

Додаток В

Таблиця. Вихідні дані до виконання розрахунково-графічної роботи

№	*Q мг\с*	*U1 м\с*	*H м*	K_0	K_1	*n*
1	200	2	10	30	10	0; 1
2	400	2; 5	30	30	10	0
3	600	7	20; 50	20	10	1
4	200; 800	10	50	20	10	1
5	200	2	10	25	5, 10	2
6	400	3; 8	10	25	5	2
7	600	5	10; 30	30	10	0
8	800	7	60	30	10	0;2
9	1000	9	80	35	15	1
10	400; 1000	10	50	25	15	1
11	500	3	20	20; 30	10	2
12	500	5	30	20	10; 15	2
13	300	6	10; 25	20	10	0
14	300	5; 10	20	30	10	0
15	400	6	30	30	10	1; 2
16	600; 800	2	20	20	5	1
17	600	5	50	20; 30	5	1
18	800	7	50	30	5; 10	2
19	200	3	10; 20	20	10	2
20	400	3; 8	20	30	10	2
21	500	6	30	30	10	0; 2
22	500; 1000	7	70	35	15	0
23	600	8	50	20; 30	10	0
24	700	3	40	30	10; 15	1
25	900	5; 9	80	30	10	1