



Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС. Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>101 Екологія</i>
Освітня програма	<i>Екологічна безпека</i>
Статус освітнього компонента	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітнього компонента	<i>4 (120)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>8 годин</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>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</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6511</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, мета, предмет вивчення 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 освітнього компонента «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 даного освітнього компонента 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; K02
- здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень. K23

Згідно з вимогами програми освітнього компонента «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 освітнього компонента (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні наступних освітніх компонентів: «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Організація та управління природоохоронною діяльністю». Освітній компонент «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС» забезпечує виконання дипломного проекту та освітні компоненти другого магістерського рівня вищої освіти .

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля

Тема 1. Комплекс 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 емпіричні методи моделювання та прогнозу процесів забруднення довкілля.

Тема 4. Експертні системи в екологічних задачах. Основи ГІС.

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., Кветний 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”. 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., Моїсєєв 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. *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:

1. [Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - https://mepr.gov.ua/](https://mepr.gov.ua/)
2. [Екологічний портал України – www.ecologya.com.ua](http://www.ecologya.com.ua)
3. <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на: надання сучасних знань з освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля. Основи ГІС»; забезпечення в процесі лекції активної роботи студентів з метою формування у них необхідного інтересу до освітнього компонента, 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	<p><u>Комплекс взаємозв'язаних задач аналізу та прогнозу екологічних процесів.</u> Місце та роль задач моделювання у комплексі задач аналізу та прогнозу екологічних процесів. Системні аспекти дослідження екологічних процесів. Загальна характеристика проблеми моделювання систем. Основні напрямки моделювання стану довкілля . Завдання на СРС: Системний підхід до вивчення екосистеми. Механізм природоохоронної політики і структура цілей з точки зору системного підходу. Класифікація видів моделювання систем. Загальні схема побудови моделі та вимоги до моделей забруднення повітряного басейну. Основні напрямки прогнозування стану довкілля. Літ. (1; 2; 3; 4; 6; 7; 9;10).</p>	2
2	<p><u>Фізичні основи моделювання та прогнозу процесів забруднення навколишнього середовища. Чисельно-аналітичні методи моделювання. Експертні системи в екологічних задачах.</u> Аналіз фізичних явищ, які лежать в основі екологічних процесів та їх математичний опис. Критерії турбулентного руху атмосфери. Побудова диференціальної моделі розповсюдження забруднення на прикладі повітряного басейну. Виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливої домішки в атмосфері. ГІС- технології для демонстрації властивостей та прогнозу змін у навколишньому середовищі. Завдання на СРС: Антропогенні зміни клімату міст. Критерії турбулентного руху атмосфери. Прогностичні рівняння, їх інтегрування. Граничні умови. Характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному та пограничному шарах атмосфери. Оцінка якості води в басейнах річок та водоймищ в умовах антропогенного впливу. Теоретичні основи розрахункових методів . Методи дискретизації прогностичних диференціальних рівнянь. Системи підтримки прийняття рішень (експертні системи). Доцільність їх застосування в екології. Характерні особливості експертних систем. Загальна структура системи прийняття рішень. Визначення параметрів процесів забруднення атмосферного повітря за допомогою систем підтримки прийняття рішень (експертних систем). Класифікація основних типів дифузійних моделей забруднення повітря, що базуються на рішенні рівняння турбулентної дифузії. Автоматизовані системи в екології. Основні типи даних та компоненти програмного забезпечення ГІС. Функції ГІС та галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій. Літ. (1; 2; 9; 10).</p>	2
3.	МКР	2
	Всього годин	6

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи мають на меті закріпити теоретичні положення освітнього компонента, набуті під час лекцій та у процесі вивчення навчальної інформації, що виносяться 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 речовин від джерел викидів на промисловому майданчику з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи.	2
	Всього годин	2

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота займає 93 % часу вивчення освітнього компонента, 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.

<i>№ з/п,</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Системний підхід до вивчення екосистеми. Літ. (2,6,7,9,10)</i>	2
2	<i>Механізм природоохоронної політики і структура цілей з точки зору системного підходу. Літ. (2,6)</i>	4
3	<i>Класифікація видів моделювання систем. Літ. (1,2, 3, 4)</i>	3
4	<i>Загальні схема побудови моделі та вимоги до моделей забруднення повітряного басейну. Літ. (1,2, 3, 4)</i>	4
5	<i>Основні напрямки прогнозування стану довкілля. Літ. (1,2,3)</i>	3
6	<i>Антропогенні зміни клімату міст. Літ. (2,8,9)</i>	3
7	<i>Критерії турбулентного руху атмосфери. Літ. (2,8,11)</i>	3
8	<i>Прогностичні рівняння, їх інтегрування. Граничні умови. Літ. (1,2,3, 10)</i>	4
9	<i>Характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному та пограничному шарах атмосфери. Літ. (1,9,,12)</i>	3
10	<i>Оцінка якості води в басейнах річок та водоймищ в умовах антропогенного впливу. Теоретичні основи розрахункових методів. Літ. (4, 12).</i>	4
11	<i>Методи дискретизації прогностичних диференціальних рівнянь. Літ.(1,3) .</i>	2
12	<i>Системи підтримки прийняття рішень (експертні системи). Доцільність їх застосування в екології. Літ. (2,11)</i>	2
13	<i>Характерні особливості експертних систем. Загальна структура системи прийняття рішень. Літ. (2,11)</i>	3
14	<i>Визначення параметрів процесу забруднення за допомогою системи підтримки прийняття рішення. Літ. (2; 11).</i>	4
15	<i>Класифікація основних типів дифузійних моделей забруднення повітря, що базуються на рішенні рівняння турбулентної дифузії. Літ. (2,11)</i>	2
16	<i>Автоматизовані системи в екології. Літ. (1,2)</i>	2
17	<i>Основні типи даних та компоненти програмного забезпечення ГІС.Літ. (7)</i>	4
18	<i>Функції ГІС та галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій. Літ. (7)</i>	4
19	<i>Підготовка до лекцій</i>	4
20	<i>Підготовка вихідних даних до виконання лабораторної роботи.</i>	2
21	<i>Підготовка до МКР</i>	5
22	<i>РГР</i>	15
23	<i>Екзамен</i>	30
	<i>Всього годин</i>	<i>112</i>

Індивідуальні завдання

З метою поглиблення знань студентів з освітнього компонента, 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).

Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

<i>Програмний результат</i>	<i>Лекційні заняття</i>	<i>Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання</i>
<i>Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень</i>	<i>Лекція 1 .Комплекс взаємозв’язаних задач аналізу та прогнозу екологічних процесів. Лекція 2. Фізичні основи моделювання та прогнозу процесів забруднення навколишнього середовища. Чисельно-аналітичні методи моделювання. Експертні системи в екологічних задачах</i>	
<i>Уміти застосовувати програмні засоби, ГІС-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень</i>	<i>Лекція 1 .Комплекс взаємозв’язаних задач аналізу та прогнозу екологічних процесів.</i>	<i>Лабораторне заняття 1. Прогноз розповсюдження концентрації шкідливих речовин від джерел викидів на промисловому майданчику з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.</i>
<i>Уміти доносити результати діяльності до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення</i>		<i>Індивідуальне завдання (РГР)</i>

Політика та контроль

7. Політика 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 освітнього компонента 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 10 % від рейтингової шкали.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з освітнього компонента 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>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітнього компонента 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	6	-	2	112	1	1	екзамен

Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання лабораторної роботи
2. МКР
3. РГР
4. Відповідь на екзамені.

Критерії нарахування балів:

1. Виконання лабораторної роботи

- правильно виконана, оформлена та захищена робота – 10-8 балів;
- є певні несуттєві недоліки у виконанні або захисті роботи – 7-5 бали;
- є певні недоліки у підготовці, виконанні та захисті роботи – 4-1 бали;
- невиконання роботи – 0 балів.

2. Модульна контрольна робота оцінюються з 15 балів:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-12 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 11 - 8 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки - 7- 4 балів;
- , відповідь поверхнева – 3-1 бали;
- відповідь відсутня 0 балів.

3. Розрахунково-графічна робота оцінюється з 25 балів.

- виконані всі вимоги до роботи - 25-21 балів
- виконані майже всі вимоги до роботи або є несуттєві помилки – 20-16 балів :

- є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 15-10 балів;

- роботу виконано незадовільно, РГР не зарахована – 9-0 балів.

Таким чином рейтингова стартова шкала з освітнього компонента складає:

$$R_c = 10 + 15 + 25 = 50 \text{ балів}$$

Семестровий контроль: екзамен. Складова екзамену дорівнює 50% від R.

$$R_{екз}=50 \text{ балів}$$

На екзамені студенти виконують тестову контрольну роботу з 10 питань. Кожне питання оцінюється у 5 балів.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з освітнього компонента складає:

$$R = 10 + 15 + 25 + 50 = 100 \text{ балів}$$

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

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

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

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено доц., к.т.н., Сіренко Л.В., к.т.н. Радовенчик Я.В.

Ухвалено кафедрою Е та ТРП (протокол № 17 від 27.05.25)

Погоджено Методичною комісією ІХФ (протокол № 11 від 27.06.25)

Перелік питань до семестрової атестації

Додаток А

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

$$\frac{dq}{dt} = u \frac{dq}{dx} + v \frac{dq}{dy} + w \frac{dq}{dz} - \alpha q$$

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 k_y , k_z приземного 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 диференціальних 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.

$$\frac{dq}{dt} = u \frac{dq}{dx} + v \frac{dq}{dy} + w \frac{dq}{dz} - \alpha q$$

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:

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

46. Представити види атмосферних стратифікацій за ознакою вертикального градієнту температури 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.

$$\frac{dq}{dt} = u \frac{dq}{dx} + v \frac{dq}{dy} + w \frac{dq}{dz} - \alpha q$$

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

<i>№</i>	<i>Q м²/с</i>	<i>UI м\с</i>	<i>H м</i>	<i>K₀</i>	<i>K₁</i>	<i>n</i>
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