



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

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології
Статус освітнього компонента	Вибіркова
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг освітнього компонента	4(120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	18 годин
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Сіренко Л.В., lyud.sirenko@gmail.com . Лабораторні : к.т.н., доцент Радовенчик Я.В., - https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/radovenchik-yaroslav-vyacheslavovich.html
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4713

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчання та результати навчання

Математичне моделювання стає в даний час однією з найважливіших складових науково-технічного прогресу. Без застосування цієї методології не реалізується ні один великомасштабний технологічний, екологічний або економічний проект. Знання загальних принципів математичного моделювання в екології, напрямків моделювання та прогнозування стану довкілля, методик обробки та аналізу експериментальних досліджень дозволяють пояснювати результати експериментів, виконувати конкретні розрахунки основних параметрів забруднення навколишнього середовища та застосовувати методи математичного моделювання, з метою прийняття управлінських рішень на основі аналізу процесів, що відбуваються в екологічних системах.

Предмет освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля» - застосування математичних моделей: чисельно-аналітичних, емпіричних та статистичних з метою формалізації задач, які виникають у процесі контролю і аналізу за станом забруднення довкілля

Мета освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля»

Засвоєння студентами основних знань з питань системного аналізу складних процесів в екології, та прийняття на їх основі адекватних управлінських рішень.

Відповідно до мети підготовка за даною спеціальністю вимагає формування у студентів наступних компетентностей:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях., K02
- здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач. K09
- здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії. K14

Згідно з вимогами програми освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля» студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв; ПР08;
- розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування ПР20

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

Міждисциплінарні зв'язки: вивченню освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля» передують освітні компоненти з вищої математики та інформаційних технологій. Освітній компонент «Моделювання та прогнозування стану довкілля» забезпечує освітній компонент «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології», дипломне проектування та освітні компоненти другого магістерського рівня вищої освіти.

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Комплекс взаємозв'язаних задач аналізу та прогнозу екологічних процесів.

Тема 1. Системні аспекти дослідження екологічних процесів.

Тема 2. Загальна характеристика проблеми моделювання систем.

Розділ 2. Основні напрямки моделювання та прогнозування екологічних процесів

Тема 3. Фізичні основи моделювання та прогнозу процесів забруднення навколишнього середовища.

Тема 4. Чисельно-аналітичні та емпірико-статистичні методи моделювання в екології.

Тема 5. Експертні системи в екологічних задачах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. 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.*

4.2. Додаткова література

5. *Моделювання і прогнозування стану довкілля. Лабораторний практикум: навчальний посібник [Електронний ресурс] / Під ред. В.Б. Мокіна. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 84 с*
6. *Системний аналіз та проектування ГІС. – Електронний навчальний посібник / Є. М. Крижановський, В.Б. Мокін, А.Р. Яцолт, Л. М. Скорина. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 127 с.*
7. *Математична статистика.: навчальний посібник. В. М. Руденко - К. Центр учбової літератури. 2017.– 303 с.*
8. *Сіренко Л.В., Радовенчик Я.В. Методи математичної статистики в екології. Лабораторний практикум. Навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 101 «Екологія». – К:КПІ, 2018.-72с.*

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України - <https://mepr.gov.ua/>
2. <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>

Навчальний контент

9. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на: надання сучасних знань з освітнього компонента «Моделювання та прогнозування стану довкілля»; 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	<i>Загальна характеристика проблеми моделювання в екології. Місце та роль задач моделювання у комплексі задач аналізу та прогнозу екологічних процесів. Системні аспекти дослідження екологічних процесів. 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. Літ. (1; 2; 3; 4; 6).</i>	2
2	<i>Основні напрямки моделювання та прогнозування екологічних процесів. Фізичні основи моделювання та прогнозу процесів забруднення навколишнього середовища. Чисельно-аналітичні методи моделювання. Побудова диференціальної моделі розповсюдження забруднення на прикладі повітряного басейну. Виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливої домішки в атмосфері. Завдання на СРС: Антропогенні зміни клімату міст. Прогностичні рівняння, їх інтегрування. Граничні умови. Характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному та пограничному шарах атмосфери. Чисельно-аналітична модель забруднення повітряного басейну від точкового джерела. Рівняння турбулентної дифузії для водного об'єкту Методи дискретизації прогностичних диференціальних рівнянь. Літ. (1; 3; 4; 5).</i>	2
3.	<i>Емпірико-статистичні методи моделювання в екології. Методи імітаційного моделювання в дослідженні складних еколого-соціально-економічних систем. Прогностична схема розпізнавання образів фонового забруднення повітря. Експертні системи в екологічних задачах. Схема лінійної регресії. Завдання на СРС : Основні етапи процесу імітаційного моделювання, переваги та недоліки методу. Основні показники фонового забруднення повітря в місті. Прогностична схема забруднення повітря з урахуванням метеоумов та стабільності атмосфери. Загальна структура системи підтримки прийняття рішень. Визначення параметрів процесу забруднення за допомогою системи підтримки прийняття рішення. Класифікація основних типів дифузійних моделей забруднення повітря, що базуються на рішенні рівняння турбулентної дифузії. Автоматизовані системи і ГІС- технології для демонстрації властивостей та прогнозу змін у навколишньому середовищі. Літ. (2; 3; 4; 6; 7; 8)</i>	2
3.	<i>МКР</i>	2
	<i>Всього годин</i>	8

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи мають на меті закріпити теоретичні положення освітнього компонента, 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 екологічних процесів;
- 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, емпірико-статистичні методи в задачах математичного моделювання в екології;
- навчити студентів працювати з науковою та довідковою літературою.

з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. год
1	Моделювання процесу розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі при викидах зі стаціонарних джерел забруднення. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи.	2
2	Моделювання та аналіз масштабів можливого затоплення території з використанням спеціальних програмних засобів. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи.	2
3	Аналіз стану природних систем за допомогою даних дистанційного зондування землі та прогнозування можливих змін в результаті антропогенного впливу. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи.	2
4	Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при спалюванні різних типів палива. Завдання на СРС: Підготувати вихідні дані для виконання роботи	2
5	Аналіз поточного стану та прогнозування змін вмісту забруднюючих речовин в атмосфері за допомогою відкритих даних супутникового моніторингу. Завдання на СРС: Основні системи супутникового моніторингу Землі	2
	Всього	10

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота займає 85 % часу вивчення освітнього компонента, включаючи і підготовку до заліку. 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	Системний підхід до вивчення екосистеми. Літ. (2; 4; 6)	4
2	Механізм природоохоронної політики і структура цілей з точки зору системного підходу. Літ. (2; 4; 8)	4
3	Класифікація видів моделювання систем. Літ. (1; 2; 3)	4
4	Загальна схема побудови моделі забруднення повітряного басейну. Літ. (1; 2; 3)	4
5	Антропогенні зміни клімату міст. Літ. (4)	4
6	Прогностичні рівняння, їх інтегрування. Граничні умови. Літ. (1; 4)	4
7	Характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному та пограничному шарах атмосфери. Літ. (1;4).	4
8	Чисельно-аналітична модель забруднення повітряного басейну від точкового джерела Літ. (1; 4; 5).	4
9	Рівняння турбулентної дифузії для водного об'єкту Літ. (1; 4)	4
10	Методи дискретизації прогностичних диференціальних рівнянь. Літ.(1;4)	4
11	Основні етапи процесу імітаційного моделювання, переваги та недоліки методу. Літ. (2;3;4с.21-28).).	6
12	Основні показники фонового забруднення повітря в місті. Літ. (8)	4
13	Прогностична схема забруднення повітря з урахуванням метеоумов та стабільності атмосфери. Літ. (8).	4
14	Загальна структура системи підтримки прийняття рішень. Визначення параметрів процесу забруднення за допомогою системи підтримки прийняття рішення. Літ. (3)	4
15	Класифікація основних типів моделей забруднення повітря, що базуються на рішенні рівняння турбулентної дифузії. Літ. (3)	4
16	Автоматизовані системи і ГІС- технології для демонстрації властивостей та прогнозу змін у навколишньому середовищі. Основні системи супутникового моніторингу Землі. Літ.(6)	4
17	Підготовка до лекцій	8
18	Підготовка до виконання лаб.робіт	10
19	Підготовка до МКР	2
20	Виконання ДКР	10
21	Залік	6
	Всього	102

Індивідуальні завдання

З метою поглиблення знань студентів з освітнього компонента, отримання досвіду самостійної роботи в області математичного моделювання в екології, пропонується виконання індивідуального завдання у вигляді домашньої контрольної роботи, 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 забруднення довкілля.

Забезпечення програмних результатів складовими освітнього компоненту

Програмний результат	Лекційні заняття	Практичні та лабораторні заняття, індивідуальні завдання
<p>Розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування</p>	<p><u>Лекція 1</u> Місце та роль задач моделювання у комплексі задач аналізу та прогнозу екологічних процесів. Системні аспекти дослідження екологічних процесів <u>Лекція 2</u>. Основні напрямки моделювання та прогнозування екологічних процесів</p>	<p><u>Лабораторне заняття 3</u>. Аналіз стану природних систем за допомогою даних дистанційного зондування землі та прогнозування можливих змін в результаті антропогенного впливу. <u>Лабораторне заняття 4</u>. Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при спалюванні різних типів палива. <u>Індивідуальне завдання (ДКР)</u></p>
<p>Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв.</p>	<p><u>Лекція 3</u>. Емпірико-статистичні методи моделювання в екології. Методи імітаційного моделювання в дослідженні складних еколого-соціально-економічних систем Експертні системи в екологічних задачах.</p>	<p><u>Лабораторне заняття 1</u>. Моделювання процесу розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі при викидах зі стаціонарних джерел забруднення. <u>Лабораторне заняття 2</u>. Моделювання та аналіз масштабів можливого затоплення території з використанням спеціальних програмних засобів. <u>Лабораторне заняття 5</u>. Аналіз поточного стану та прогнозування змін вмісту забруднюючих речовин за атмосфері за допомогою відкритих даних супутникового моніторингу.</p>

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.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

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 заліку.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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	Лаб. роб.	СРС	МКР	ДКР	Семестровий контроль
6	4	120	8	10	102	1	1	залік

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

1. Виконання 5 лабораторних робіт
2. МКР
3. ДКР

Критерії нарахування балів:

1. Виконання 5 лабораторних робіт
 - правильно виконана, оформлена та захищена робота – 10 балів;
 - є певні несуттєві недоліки у виконанні або захисті роботи –9-8 балів;
 - є певні недоліки у підготовці, виконанні та захисті роботи – 7-6 балів;
 - невиконання роботи – 0 балів.
2. Модульна контрольна робота оцінюються з 20 балів:
 - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20- 18 балів;
 - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями –17 – 15 балів;
 - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки -14 - 12 балів;
 - відповідь відсутня - 0 балів.
3. Розрахунково-графічна робота оцінюється з 30 балів.
 - виконані всі вимоги до роботи 30 - 27 балів
 - виконані майже всі вимоги до роботи або є несуттєві помилки – 26 -23 балів :

- є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 22 - 18 балів;

- РГР не зарахована – 0 балів.

Таким чином рейтингова шкала з освітнього компонента складає:

$$R_c = 5 \cdot 10 + 1 \cdot 20 + 1 \cdot 30 = 100 \text{ балів}$$

Семестровий контроль: залік. Для отримання заліку з освітнього компонента «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів. Необхідною умовою допуску до заліку є рейтинг не менше 40 балів. Здобувачі, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують залікову контрольну роботу. При цьому всі бали, що були ними отримані протягом семестру, скасовуються і здобувач отримує рейтингову оцінку за результатами заліку.

Залікова контрольна робота оцінюється в 100 балів. Кожне завдання містить два теоретичних питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у 50 балів

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 50-45 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 44-38 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 37 - 30 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Для отримання залікової оцінки, сума всіх отриманих рейтингових балів R переводиться згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95...100 балів	Відмінно
85...94 балів	Дуже добре
75...84 балів	Добре
65...74 балів	Задовільно
60...64 балів	Достатньо
R<60 балів	Незадовільно
Якщо $r_c < 40$ балів або не виконані інші умови допуску до заліку	Недопущений

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток А)

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 №4 від 08.10.2025)

Погоджено Методичною комісією ІХФ (протокол № 2 від 15.10.2025)

1. Навести формулу для визначення вибіркового середнього, перелічити його властивості.
2. Навести алгоритм виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливих домішок в атмосфері
3. Обґрунтувати необхідність застосування системного підходу до рішення екологічних задач.
4. Дати визначення термінам «математичне моделювання», «аналітичне моделювання».
5. Навести алгоритм застосування методу розпізнавання образів для прогнозу забруднення повітря міста.
6. Визначити основні припущення, які використовуються для рішення рівняння турбулентної дифузії в аналітичному вигляді

$$\frac{d\langle q \rangle}{dt} = -\langle w \rangle \frac{dq}{dz} + \langle w'q' \rangle - \langle w' \rangle \frac{dq}{dz}$$

7. Визначити загальну структуру системи підтримки прийняття рішень в екологічних задачах.
8. Проаналізувати критерії турбулентного руху атмосфери.
9. Проаналізувати загальне рівняння турбулентної дифузії, що відображає процес розповсюдження домішки у приземному шарі атмосфери.
10. Представити загальну схему побудови моделі забруднення повітряного басейну промисловим підприємством.
11. Навести загальні показники фонового забруднення повітря в місті.
12. Розкрити поняття генеральна та вибірка сукупності.
13. Проаналізувати вплив антропогенних змін клімату міста на забруднення повітряного басейну.
14. Визначити основні задачі, які вирішуються за допомогою автоматизованих систем в комплексі екологічних заходів
15. Представити класифікацію видів моделювання за ознаками характеру процесів, які досліджуються.
16. Навести алгоритм виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливих домішок в атмосфері
17. Представити класифікацію основних дифузійних моделей забруднення повітря.
18. Визначити граничні умови при розв'язанні рівняння турбулентної дифузії для точкового джерела.
19. Проаналізувати рівняння турбулентної дифузії, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою та визначити умови його спрощення.

$$\frac{d\langle q \rangle}{dt} = -\langle w \rangle \frac{dq}{dz} + \langle w'q' \rangle - \langle w' \rangle \frac{dq}{dz}$$

20. Навести загальні вимоги до моделей забруднення повітряного басейну.
21. Навести загальну характеристику проблеми моделювання систем.
22. Представити формулу для визначення вибіркової дисперсії, перелічити її властивості.
23. Перелічити основні припущення, які використовуються при побудові прогностичного рівняння розповсюдження домішки.
24. Навести основні аналітичні моделі забруднення повітря від одиночного джерела та умови їх застосування.
25. Проаналізувати способи представлення знань в експертних системах.
26. Проаналізувати основні напрямки математичного моделювання процесів забруднення навколишнього середовища.

27. Провести порівняння класичного та системного підходів у моделюванні систем.
28. Навести характеристики турбулентності та швидкості вітру у приземному шарі атмосфери.
29. Представити склад вихідних даних для побудови моделі забруднення повітряного середовища від одиночного джерела.
30. Вивести рівняння турбулентної дифузії для турбулентного переносу домішки.
31. Навести алгоритм застосування методу послідовної графічної регресії для короткострокового прогнозу фонових забруднень повітря.
32. Навести формули для визначення розмаху варіації та коефіцієнту варіації.
33. Навести умови застосування системи підтримки прийняття рішення для визначення параметрів процесу забруднення довкілля
34. Проаналізувати умови спрощення основного диференціального рівняння, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою:

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

35. Представити види атмосферних стратифікацій за ознакою вертикального градієнту температури повітря .
36. Навести формули для визначення розмаху варіації та коефіцієнту варіації.
37. Представити ймовірне рівняння прямої лінії регресії Y на X.
38. Навести формули по визначенню коефіцієнтів турбулентної дифузії у приземному та пограничному шарах атмосфери.
39. Перерахувати умови спрощення прогностичного рівняння турбулентної дифузії та надати його математичний опис.
40. Охарактеризувати задачі та основні напрямки прогнозу забруднення навколишнього середовища.
41. Охарактеризувати умови застосування полігонів та гістограм частот.
42. Представити рівняння турбулентної дифузії і граничні умови для лінійного джерела.
43. Охарактеризувати умови застосування емпіричних та статистичних моделей для вивчення закономірностей розповсюдження шкідливих домішок.
44. Проаналізувати рівняння турбулентної дифузії, що описує процес забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою та визначити умови його спрощення.

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

45. Охарактеризувати основні типи аналітичних моделей забруднення повітря.
46. Розкрити поняття функція розподілу дискретних випадкових величин та перелічити її властивості.
47. Перелічити точкові оцінки параметрів розподілу.
48. Навести формули розрахунку вибіркової дисперсії, перелічити її властивості.
49. Визначити загальну структуру експертних систем при вивченні процесів розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
50. Навести основні припущення, що використовуються для аналітичного вирішення задачі прогнозу забруднення атмосфери шкідливою газоподібною домішкою від стаціонарного джерела.