

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра загальнотехнічних дисциплін

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ГОРИК
«_____» _____ 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(обов'язкова навчальна дисципліна)

Вища математика

освітньо-професійна програма	Екологія
спеціальність	101 Екологія
галузь знань	10 Природничі науки
освітній ступінь	бакалавр
факультет	агротехнологій та екології

Полтава
2021 / 2022 н.р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Вища математика» для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою Екологія спеціальності 101 Екологія.

Мова викладання: державна

Розробник: Юлія ОВСІЄНКО, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, кандидат педагогічних наук, доцент

«___» _____ 2021 року

Розробник _____ (Юлія ОВСІЄНКО)

Схвалено на засіданні кафедри загальнотехнічних дисциплін

Протокол від _____ 2021 р. №___

Затверджено завідувачем кафедри

«___» _____ 2021 року _____ (Олексій ГОРИК)

Погоджено гарантом освітньої програми Екологія

«___» _____ 2021 року _____ (Олег МІЩЕНКО)

Схвалено головою НМР спеціальності
«Екологія»

_____ (Марина ПІЩАЛЕНКО)

1. Опис навчальної дисципліни

Елементи характеристики	Денна форма навчання
Загальна кількість годин –	90
Кількість кредитів –	3,0
Місце в індивідуальному навчальному плані здобувача вищої освіти	Обов'язкова
Рік навчання (шифр курс)	1 (101ЕКОЛ_бд_2021)
Семестр	1
Лекції (годин)	16
Практичні (семінарські) (годин)	14
Самостійна робота (годин)	60
Форма семестрового контролю	екзамен

2. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Перелік навчальних дисциплін, які передують її вивченню: цикл природничих наук.

3. Заплановані результати навчання

Мета вивчення навчальної дисципліни: сформувати у майбутніх фахівців умінь і навичок опановувати сучасний математичний апарат, необхідний для аналізу і розв'язування прикладних агроекологічних задач, логічного та алгоритмічного мислення, сприяння формуванню у здобувачів вищої освіти наукового світогляду; забезпечення фундаментального засвоєння теоретичного матеріалу, до якого входять основні положення лінійної алгебри, диференціального та інтегрального числення, звичайних диференціальних рівнянь, теорії ймовірності та узагальнення можливостей практичного використання вивчених методів у процесі розв'язування практичних задач у конкретній науково-практичній діяльності.

Основні завдання навчальної дисципліни: ознайомлення здобувачів вищої освіти з основами математичного апарату, необхідними для розв'язування теоретичних і практичних задач; вироблення навичок математичного дослідження прикладних задач; прищеплення студентам уміння самостійно вивчати навчальну літературу з вищої математики та прикладних питань.

Компетентності:

загальні:

ЗК8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

фахові:

ФК3. Розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук.

Програмні результати навчання:

ПР019. Підвищувати професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.

ПРН21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

Методи навчання:

- словесні;
- практичні;
- письмовий контроль;
- комп'ютерні і мультимедійні.

4. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії. Означення визначника, правила обчислення визначників: другого, третього та вищих порядків (правило трикутників, теорема Лапласа). Властивості визначників. Обчислення деяких особливих визначників. Означення, типи матриць. Основні особливі матриці (квадратна, трикутна, діагональна, одинична). Дії над матрицями: додавання, множення матриці на число, на матрицю, їх властивості. Транспонування матриці. Поняття оберненої матриці, властивості операції обернення матриці. Обчислення оберненої матриці.

Поняття системи лінійних алгебраїчних рівнянь, розгорнута та матрична форми її запису. Розв'язок, класифікації систем лінійних алгебраїчних рівнянь: сумісні та несумісні системи, визначені та невизначені системи. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь за допомогою оберненої матриці, за формулами Крамера. Еквівалентні перетворення, метод Гаусса послідовного вилучення змінних для розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Поняття про ранг матриці та його обчислення. Теорема Кронекера-Капеллі; частинні та загальний розв'язки системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Означення вектора, типи векторів, порівняння векторів. Дії над векторами: транспонування, додавання, множення вектора на число, скалярний добуток векторів; властивості цих операцій, їх геометрична інтерпретація. Довжина (норма) вектора, її властивості. Кут між векторами. Відстань між векторами. Означення лінійного простору. Означення та основні теореми про лінійну залежність та лінійну незалежність елементів лінійного простору. Базис лінійного простору. Основні теореми про базис: єдиність розкладу, лінійна залежність елементів, кількість базисних елементів. Розмірність лінійного простору. Координати елементів простору за даним базисом. Поняття підпростору. Поняття лінійного векторного простору. Ранг скінченної системи векторів, правила його обчислення.

Прямокутна Декартова система координат на площині. Рівняння прямої на площині: з кутовим коефіцієнтом, загальне, через задану точку і напрямний вектор, через дві точки, у відрізках на координатних осях, нормальне; відстань від точки до заданої прямої. Взаємне розміщення двох прямих: перетин прямих, умови паралельності та перпендикулярності, кут між прямими. Графічне розв'язування систем лінійних рівнянь або нерівностей з двома змінними. Координати точки в просторі. Загальне рівняння площини у тривимірному просторі, нормальне рівняння, через три точки. Відстань від точки до площини. Рівняння прямої у тривимірному просторі як переріз двох площин.

Канонічні рівняння еліпса, гіперболи, параболи; дослідження їх форми, властивостей. Загальне рівняння кривої другого порядку, його зведення до канонічного вигляду.

Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій. Означення функції однієї та багатьох змінних. Способи подання функції: табличний, графічний, аналітичний. Окремі спеціальні класи функцій: явні та неявні, задані параметрично, складені (задані суперпозицією). Класифікації функцій: монотонні, парні та непарні, опуклі та вгнуті, обмежені та необмежені.

Поняття числової послідовності, способи її представлення (аналітичний, рекурентний). Обмежені та необмежені числові послідовності. Збіжні числові послідовності, нескінченно малі, нескінченно великі послідовності, зв'язок між ними. Монотонні числові послідовності. Теорема Вейерштрасса про границю монотонної послідовності. Число e .

Означення границі функції в точці за Гейне, за Коші, їх еквівалентність. Критерій Коші збіжності функції в точці. Односторонні границі функції однієї змінної. Властивості збіжних у точці функцій: обмеженість функції в околі точки збіжності, дії над збіжними функціями. Порівняння функцій. Еквівалентні функції, їх використання при знаходженні границі відношення функцій. Перша та друга важливі границі. Знаходження границь степеневих показникових функцій. Одностороння неперервність функції однієї змінної в точці, необхідна і достатня умова неперервності, класифікація точок розриву. Локальні властивості неперервних функцій. Теореми про арифметичні дії над неперервними функціями, про неперервність суперпозиції функцій. Неперервність функції на множині. Неперервність елементарних функцій.

Теореми про функції, неперервні на замкненій множині: теореми Больцано-Коші, теореми Вейерштрасса.

Визначення похідної функції в точці. Геометричний і фізичний зміст похідної. Таблиця похідних елементарних функцій. Правила диференціювання. Властивості похідних. Похідна оберненої функції. Похідна складеної функції. Диференціал функції. Необхідна умова екстремуму. Теорема Ролля про нулі похідної функції, теореми Лагранжа, Коші про скінченні прирости функції однієї змінної, їх геометрична інтерпретація. Правило Лопітала розкриття невизначеностей. Розклад функцій за формулою Тейлора-Маклорена із залишковим членом у формулі Пеано; поняття про залишкові члени у формулі Лагранжа, Коші. Розклад основних елементарних функцій за формулою Тейлора-Маклорена.

Умови монотонності функції однієї змінної. Необхідні, достатні умови екстремуму функції однієї. Умови опуклості, угнутості, перегину функції. Асимптоти функції: вертикальні, горизонтальні, похилі. Схема повного дослідження та побудови графіка функції однієї змінної.

Частинні похідні. Геометричний і фізичний зміст частинних похідних. Диференціювання функції. Частинні похідні вищих порядків. Повний диференціал. Екстремум функції двох незалежних змінних. Найбільше та найменше значення функції двох змінних у заданій замкненій області. Метод найменших квадратів. Похідна за напрямом. Градієнт.

Поняття первісної функції та невизначеного інтегралу. Основні властивості невизначених інтегралів. Таблиця невизначених інтегралів елементарних функцій. Основні методи інтегрування: безпосереднє, заміна змінної, частинами.

Означення визначеного інтеграла. Формула Ньютона-Ляйбніца. Властивості визначеного інтеграла. Інтегрування методами підстановки, частинами у визначеному інтегралі. Розв'язування геометричних задач за допомогою визначених інтегралів. Поняття про невластні інтеграли.

Звичайне диференціальне рівняння першого порядку; задача Коші. Теорема про існування та єдиність розв'язку диференціального рівняння першого порядку; частинний та загальний розв'язки. Рівняння з відокремленими та відокремлюваними змінними. Диференціальні рівняння, що зводяться до рівняння з відокремлюваними змінними.

Тема 3. Випадкові події та величини. Поняття випадкової події. Класифікація подій. Відносна частота появи події. Класичне, статистичне та геометричне означення ймовірності події. Теореми додавання ймовірностей. Залежні та незалежні події. Умовні ймовірності. Теореми множення ймовірностей. Наслідки з теорем додавання та множення ймовірностей. Формула повної ймовірності. Формула Байєса.

Формула Бернуллі. Біноміальний закон розподілу ймовірностей і його графік. Найімовірніше число появи події. Локальна теорема Муавра-Лапласа. Формула Пуассона. Інтегральна теорема Муавра-Лапласа, її застосування. Функція Лапласа.

Поняття випадкової величини. Дискретні та неперервні випадкові величини. Закон розподілу дискретної випадкової величини. Багатокутник розподілу. Біноміальний закон розподілу, закон розподілу Пуассона. Функція розподілу і щільність розподілу випадкової величини. Числові характеристики розподілу. Математичне сподівання і дисперсія. Теорема про середньоквадратичне відхилення. Кореляційний момент і коефіцієнт кореляції. Нормальний закон розподілу. Нормальна крива. Вплив параметрів нормального розподілу на її форму. Ймовірність попадання нормально розподіленої випадкової величини у заданий інтервал. Ймовірність заданого відхилення. Правило трьох сигм. Розподіл Стюдента. Закон великих чисел. Поняття про теорему Ляпунова.

Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки. Предмет і метод математичної статистики. Завдання математичної статистики. Алгоритм первинної обробки статистичних даних. Побудова варіаційного ряду (дискретного, інтервального). Графіки варіаційних рядів, їх властивості. Обчислення статистичних показників. Оцінка числових характеристик генеральної сукупності. Перевірка гіпотези про закон розподілу. Емпірична функція розподілу. Точність та надійність оцінок. Довірчі інтервали.

Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу. Статистичні гіпотези, критерії: Пірсона, Ст'юдента, Фішера. Перевірка гіпотези про закон розподілу. Порівняння середніх двох вибірок (незалежних, залежних). Дисперсійний аналіз випадкової величини. Дисперсійний аналіз статистичних даних: однофакторний, багатофакторний. Кореляція та регресія. Коефіцієнт парної лінійної кореляції, його властивості. Рівняння парної лінійної регресії.

5. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин				
	денна форма (101ЕКОЛ_бд_2021)				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії	16	4	2	-	10
Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій	26	4	4	-	18
Тема 3. Випадкові події та величини	20	4	4	-	12
Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки	14	2	2	-	10
Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу	14	2	2	-	10
Індивідуальні завдання	-	-	-	-	-
Усього годин	90	16	14	-	60

6. Теми практичних занять

Назва теми	Кількість годин
	денна форма (101ЕКОЛ_бд_2021)
Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії	2
Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій	4
Тема 3. Випадкові події та величини	4
Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки	2
Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу	2
Разом	14

7. Теми самостійної роботи

Назва теми	Кількість годин
	денна форма (101ЕКОЛ_бд_2021)
Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії	10
Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій	18
Тема 3. Випадкові події та величини	12
Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки	10
Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу	10
Разом	60

8. Оцінювання результатів навчання

Програмні результати навчання	Форми контролю
ПР19. Підвищувати професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.	усний контроль (опитування), письмовий контроль (письмове виконання практичних завдань), самоконтроль, контрольна робота, екзамен
ПРН21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.	

Забезпечення тематикою дисципліни успішного опанування програмних результатів навчання для здобувачів вищої освіти

Теми занять	Програмні результати навчання		Разом
	ПРН 19	ПРН 21	
Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії	+	+	2
Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій	+	+	2
Тема 3. Випадкові події та величини	+	+	2
Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки	+	+	2
Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу	+	+	2
максимальний відсоток у підсумковій оцінці з навчальної дисципліни, %	50	50	100
мінімальний відсоток у підсумковій оцінці з навчальної дисципліни, %	30	30	60

Критерієм успішного навчання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання.

Критерії успішного опанування програмних результатів навчання

Програмні результати навчання	Відсоток у підсумковій оцінці з навчальної дисципліни, %	Пороговий рівень оцінок, балів	
		Максимальний	Мінімальний
ПРН19. Підвищувати професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.	50	50	30
ПРН21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.	50	50	30
Разом	100	100	60

Одним із обов'язкових елементів освітнього процесу є систематичний поточний контроль оволодіння компетентностями та підсумкова оцінка рівня досягнення програмних результатів навчання.

10. Форми контролю результатів навчання

Програмні результати навчання	Форма контролю (101ЕКОЛ_бд_2021)								Разом	
	Опитування		Виконання вправ на практичних заняттях		Контрольна робота		Екзамен			
	Міні- маль- на к-ть балів	Макси- маль- на к-ть балів	Міні- маль- -на к-ть балів	Макси- маль- на к-ть балів	Міні- маль- -на к-ть балів	Макси- маль- на к-ть балів	Міні- маль- на к-ть балів	Макси- маль- на к-ть балів	Міні- маль- на к-ть балів	Макси- маль- на к-ть балів
ПР19	6	10	6	10	6	10	6	10	30	50
ПР21	6	10	6	10	6	10	6	10	30	50
Разом	12	20	12	20	12	20	12	20	60	100

11. Схема нарахування балів з навчальної дисципліни

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти (101ЕКОЛ_бд_2021)				Разом
	Виконання вправ на практичних заняттях	Виконання завдань самостійної роботи	Опитування	Контрольна робота	
Тема 1. Елементи лінійної алгебри та аналітичної геометрії	4	4	4	20	12
Тема 2. Елементи диференціального й інтегрального числення функцій	4	4	4		12
Тема 3. Випадкові події та величини	4	4	4		12
Тема 4. Статистичне опрацювання вибірки	4	4	4		12
Тема 5. Елементи дисперсійного та кореляційного аналізу	4	4	4		32
Екзамен					20
Разом	20	20	20	20	100

Форми, шкала та критерії оцінювання результатів навчання при проведенні поточного контролю успішності здобувачів вищої освіти:

- виконання вправ на практичних заняттях: 0-4 бали; 0-1 бал – вправа не виконана, відсутні обчислення і аналітичні перетворення для розв’язування задачі; 1-2 бали – вправа виконана частково або неправильно, з суттєвими помилками в обчисленнях і аналітичних перетвореннях; 2-3 бали – вправа виконана правильно з несуттєвими помилками або неточностями, знайдений не весь розв’язок практичних проблем у агрономії; 3-4 бали – вправа виконана правильно, розв’язок і обчислення у задачі демонструють уміння обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних у повному обсязі;
- виконання завдань самостійної роботи: 0-4 бали; 0-1 бал – невиконання завдань, нездійснення аналізу агрономічних об’єктів, процесів та методів; 1-2 бали – часткове виконання завдань із помилками, не в повному обсязі здійснений аналіз агрономічних об’єктів, процесів та методів; 2-3 бали – частково правильне виконання завдання, але не в повному обсязі продемонстровано уміння обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних; 2-4 бали – повна, вичерпна відповідь із демонстрацією умінь обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних, студент має навички до підвищення професійного рівня шляхом продовження освіти та самоосвіти;
- опитування: 0-4 бали; 0-1 бал – незнання теоретичного матеріалу, нерозуміння засад агроекологічних, фундаментальних та сільськогосподарських наук; 1-2 бали – часткове знання теоретичного матеріалу та засад фундаментальних наук, допущення помилок, нечіткість та заплутаність відповіді; 2-3 бали – неповна, невичерпна відповідь із частковим аналізом агроекологічних об’єктів, процесів та методів, 3-4 бали – повна, вичерпна відповідь із демонстрацією умінь обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних, студент має навички до підвищення професійного рівня шляхом продовження освіти та самоосвіти;

- контрольна робота містить 5 завдань. Кожне завдання оцінюється від 0 до 4 балів. 0-1 бал – завдання виконано незадовільно або взагалі не виконано, потребує повторного виконання; 1-2 бали – часткове виконання завдання з помилками або не в повному обсязі; 2-3 бали – завдання виконано повністю, але є негрубі зауваження до обчислень, допущені неточності в поясненнях; 3-4 бали – завдання виконано відмінно без зауважень, розв'язки містять пояснення до застосування формул, алгоритмів і співвідношень до задач прикладного змісту з агрономії, студент демонструє уміння обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних, має навички до підвищення професійного рівня шляхом продовження освіти та самоосвіти. Максимальна кількість балів за виконання контрольної роботи – 20.

Форма проведення підсумкового контролю – *екзамен*.

**Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти
(101ЕКОЛ_бд_2021) на екзамені**

Вид завдання	Бали	Критерії оцінювання
для 1-го і 2-го теоретичних питань	0	відсутність відповіді на теоретичне питання, що не дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти
	1	часткове виконання теоретичного завдання з суттєвими помилками і поверховим розумінням засад агрономічних, фундаментальних та сільськогосподарських наук
	2	неповне виконання теоретичного завдання з помилками і поверховим розумінням засад агрономічних, фундаментальних та сільськогосподарських наук
	3	виконання теоретичного завдання з помилками і частковим розумінням засад агроекологічних, фундаментальних та сільськогосподарських наук
	4	правильне виконання теоретичного завдання з певними недоліками у розумінні засад агроекологічних, фундаментальних та сільськогосподарських наук
	5	теоретичне питання розкрито повністю, що свідчить про сформовану здатність до аналізу сільськогосподарських об'єктів, процесів та методів дослідження, студент демонструє уміння обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних, має навички до підвищення професійного рівня шляхом продовження освіти та самоосвіти
для практичного завдання	0	відсутність розрахунку практичної ситуації, що не дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти
	2	часткове неправильне виконання практичного завдання з поверховим розумінням задач агрономії
	4	неповне виконання практичного завдання, де розв'язок і аналіз задач агрономії мають суттєві помилки і недоліки
	6	повне виконання практичного завдання, де розв'язок і аналіз параметрів задач агрономії мають помилки і недоліки
	8	правильне і повне виконання практичного завдання, де розв'язок і розрахунки задач агрономії мають незначні неточності чи недоліки
	10	розрахунки практичної ситуації виконані правильно, представлені повні висновки, що свідчать про сформовану здатність проводити аналіз сільськогосподарських об'єктів, процесів та методів дослідження, студент демонструє уміння обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних, має навички до підвищення професійного рівня шляхом продовження освіти та самоосвіти

12. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Вища математика у прикладах і задачах для економістів : навч. посіб. / А. М. Алілуйко та ін. Тернопіль : ТНЕУ, 2017. 148 с.
2. Барковський В. В., Барковська Т. В. Вища математика для економістів: навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2019. 456 с.
3. Васильченко І. П. Вища математика для економістів: основні розділи: підручник / 2-ге вид. Київ : Кондор, 2012. 608 с.
4. Коваленко Л. Б. Вища математика для менеджерів : підручник / 2-ге вид., доп. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 341 с.

Допоміжна

1. Антонєць А.В., Флегантов Л. О. Комп'ютерне моделювання механічного руху тіла засобами MATHCAD. *Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті»* 2017. № 30. С. 97-109. URL: <http://ite.kspu.edu/issue-30/p-97-109> (фахове видання, Index Copernicus)
2. Антонєць А.В., Флегантов Л. О. Математична компетентність, як важлива складова професійної підготовки майбутніх фахівців аграрного профілю. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Частина 3. Випуск 10. С. 3-7 (фахове видання)
3. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособ. / 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1979. 400 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособ. / 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1977. 479 с.
5. Гроссман С., Тернер Дж. Математика для биологов / пер. с англ., предисл. и коммент. Ю. М. Свиржева. Москва : Высшая школа, 1983. 383 с.
6. Засуха В. А., Лисенко В. П., Голуб Б. Л. Прикладна математика: підручник. Київ : Арістей, 2004. 228 с.
7. Флегантов Л. О., Яворська В. М., Яворський К. Е. Вища математика. Курс лекцій для економічних спеціальностей: навч. посіб. Полтава : ПДАА, 2009. 280 с.
8. Франс Дж., Торнли Дж. Х. М. Математические модели в сельском хозяйстве / пер. с англ. А. С. Каменского; под ред. Ф.И. Ерешко. Москва : Агропромиздат, 1987. 400 с.

Інформаційні ресурси мережі Інтернет

1. Дистанційний курс для спеціальності 101 Екологія: «Вища математика» (2021-2022 н. р.) Полтавський державний аграрний університет. URL: <http://moodle.pdaa.edu.ua/>.
2. Web-in-Math [Електронний ресурс]. URL: <http://web-in-math.blogspot.com>
3. Wolfram|Alpha: Computational Intelligence. URL: <https://www.wolframalpha.com/>