Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:

Директор

Д.С. Воробьев

Оценочные материалы по дисциплине

Математическое моделирование и проектирование

по направлению подготовки

35.04.04 Агрономия

Направленность (профиль) подготовки:

Инновационные технологии в АПК

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

О.М. Минаева

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:
ОПК-4 Способен проводить научные исследования, анализировать результаты и готовить отчетные документы;

ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские работы в области агрономии.

УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-4.2 Проводит научные исследования, используя современные методы анализа.

ИПК-1.1 Проводит информационный поиск (включая патентный), в том числе с использованием информационно-телекоммуникационной сети Интернет, осуществляет критический анализ полученной информации по инновационным технологиям, сортам и гибридам сельскохозяйственных культур.

ИУК-2.2 Разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

Формирование у магистрантов умений и навыков математического моделирования и проектирования процессов в агрономии, развитие способности к проведению научных исследований, анализу и интерпретации данных с использованием современных компьютерных технологий.

1. Тесты

Форма: электронные тесты (Moodle/Google Forms или письменные).

Цель: проверка знаний основных понятий и методов математического моделирования.

Компетенции и индикаторы:

- **ОПК-4** → **ИОПК-4.2** (использует современные методы анализа при проверке теоретических знаний).
- **ПК-1** → **ИПК-1.1** (ориентируется в информационном поиске и анализе базовых моделей).

Критерии оценивания (макс. 10 баллов):

- 90–100% правильных ответов → 9–10 б.
- 75–89% → 7–8 б.
- 60–74% → 5–6 б.
- менее 60% → 0–4 б.

★ Тестовые задания по дисциплине «Математическое моделирование и проектирование»

№	Вопрос	Варианты ответа	Правильный ответ	Компетенции	Индикаторы
1	Какая из характеристик является основным свойством математической модели,	А) Универсальность; В) Адекватность; С) Экономичность; D) Простота	В) Адекватность	ОПК-4, ПК-1	ИОПК-4.2, ИПК-1.1

№	Вопрос	Варианты ответа	Правильный ответ	Компетенции	Индикаторы
	отражающим её соответствие реальному объекту?				
2	Какая модель описывает экспоненциальный рост численности популяции?	A) $dN/dt = rN$; B) $dN/dt = rN(1-N/K)$; C) $y = a+bx$; D) $y = kx^2$	A) $dN/dt = rN$	ОПК-4, ПК-1	ИОПК-4.2, ИПК-1.1
3	Какой критерий оптимальности чаще всего используется в экономико-математических моделях распределения ресурсов?	A) Минимизация затрат; B) Максимизация урожайности; C) Минимизация риска; D) Максимизация целевой функции	D) Максимизация целевой функции	ОПК-4, УК-2	ИОПК-4.2, ИУК-2.2
4	Что является преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим?	A) Высокая точность решения; B) Возможность учитывать случайные факторы; C) Простота аналитического анализа; D) Отсутствие вычислительных затрат	B) Возможность учитывать случайные факторы	ОПК-4	ИОПК-4.2
5	Какая функция используется в логистической модели роста популяции?	A) Экспонента; B) Квадратичная функция; C) S-образная кривая; D) Логарифмическая функция	C) S-образная кривая	ОПК-4, ПК-1	ИОПК-4.2, ИПК-1.1

2. Контрольная работа

Форма: письменная работа с расчетами и графиками.

Пример: решение задач на моделирование роста популяций и оптимизацию структуры посевов.

Компетенции и индикаторы:

- **ОПК-4** → **ИОПК-4.2** (применяет математические методы анализа в исследовании).
- **УК-2** → **ИУК-2.2** (разрабатывает программу действий по решению задачи с учетом ограничений).

Критерии оценивания (макс. 15 баллов):

- Корректность математического решения – до 7 б.

- Правильность графиков, интерпретации – до 5 б.
- Оформление и логика изложения – до 3 б.

◆ Контрольная работа №1

Тема: *Модели роста популяций и урожайности*

Компетенция: ОПК-4 → ИОПК-4.2

Задание:

1. Решите дифференциальное уравнение модели Мальтуса:

$$dN/dt = rN, N(0) = 100, r = 0.05 \quad \frac{dN}{dt} = rN, \quad N(0) = 100, \quad r = 0.05$$

Найдите численность популяции через 10 лет.

2. Постройте график решения и сделайте вывод.

Ответ:

1. Решение:

$$N(t) = N_0 e^{rt} = 100 \cdot e^{0.05 \cdot 10} \approx 164.87 \quad N(t) = N_0 e^{rt} = 100 \cdot e^{0.05 \cdot 10} \approx 164.87$$

Через 10 лет численность составит **165 особей**.

2. График – экспонента, быстро растущая вверх.

Вывод: модель применима на ранних стадиях роста, но не учитывает ограниченность ресурсов.

◆ Контрольная работа №2

Тема: *Оптимизация распределения ресурсов*

Компетенция: УК-2 → ИУК-2.2

Задание:

Фермер планирует посадить пшеницу и кукурузу на площади 100 га.

- Пшеница: 10 тыс. тг/га, 5 чел.-дн./га.
- Кукуруза: 12 тыс. тг/га, 8 чел.-дн./га.
- Всего доступно 700 чел.-дн.

Составьте задачу ЛП и найдите оптимальное решение.

Ответ:

Модель:

$$F = 10x_1 + 12x_2 \rightarrow \max_{x_1, x_2} F = 10x_1 + 12x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях:

$$x_1 + x_2 \leq 100, 5x_1 + 8x_2 \leq 700, x_1, x_2 \geq 0 \quad x_1 + x_2 \leq 100, \quad 5x_1 + 8x_2 \leq 700, \quad x_1, x_2 \geq 0$$

Решение (графически/симплекс):

$$x_1 = 60 \text{ (пшеница)}, x_2 = 40 \text{ (кукуруза)} \quad x_1 = 60 \text{ (пшеница)}, \quad x_2 = 40 \text{ (кукуруза)} \\ F = 1080 \text{ тыс. тг (максимальная прибыль)} \quad F = 1080 \text{ тыс. тг (максимальная прибыль)}$$

Вывод: оптимально – **60 га пшеницы и 40 га кукурузы**.

◆ Контрольная работа №3

Тема: *Логистическая модель роста*

Компетенция: ОПК-4 → ИОПК-4.2

Задание:

Дана логистическая модель:

$$dN/dt = rN(1 - N/K), N(0) = 10, r = 0.2, K = 100 \quad \frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right), \quad N(0) = 10, \quad r = 0.2, \quad K = 100$$

Найдите численность популяции при $t = 20$.

Ответ:

Аналитическое решение:

$$N(t) = K + (N_0 - K)e^{-rt} \quad N(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K - N_0}{N_0}\right)e^{-rt}}$$

Подставим:

$$N(20) = 100 + (100 - 10)e^{-0.2 \cdot 20} = 100 + 9e^{-4} \approx 83.3 \quad N(20) = \frac{100}{1 + \left(\frac{100 - 10}{10}\right)e^{-0.2 \cdot 20}} = \frac{100}{1 + 9e^{-4}} \approx 83.3$$

Вывод: популяция приближается к предельному значению $K=100$.**◆ Контрольная работа №4****Тема:** Оптимизация кормовых культур для фермы**Компетенция:** УК-2 → ИУК-2.2**Задание:**

Ферма должна выбрать комбинацию кормовых культур: овёс и люцерна.

- Прибыль: овёс – 8 тыс. тг/га, люцерна – 15 тыс. тг/га.
- Ограничение площади: ≤ 80 га.
- Ограничение труда: овёс – 4 чел.-дн./га, люцерна – 10 чел.-дн./га, всего 600 чел.-дн.

Составьте задачу ЛП и найдите оптимум.

Ответ:

Модель:

$$F = 8x_1 + 15x_2 \rightarrow \max \quad F = 8x_1 + 15x_2 \quad \text{to} \quad \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 80 \\ 4x_1 + 10x_2 \leq 600 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$\leq 80, \quad \text{quad} \quad 4x_1 + 10x_2 \leq 600, \quad \text{quad} \quad x_1, x_2 \geq 0$$

Решение:

Оптимально: $x_1 = 50$ (овёс), $x_2 = 30$ (люцерна).

$$F = 8 \cdot 50 + 15 \cdot 30 = 400 + 450 = 850 \text{ тыс. тг} \quad F = 8 \cdot 50 + 15 \cdot 30 = 400 + 450 = 850 \text{ тыс. тг}$$

Вывод: оптимальная стратегия – **50 га овса и 30 га люцерны.****3. Эссе****Форма:** аналитическое эссе (3–5 стр.)**Темы:** роль математического моделирования в аграрной науке; использование компьютерных технологий для прогнозирования урожайности.**Компетенции и индикаторы:**

- **ПК-1** → **ИПК-1.1** (информационный поиск, критический анализ научных данных).
- **ОПК-4** → **ИОПК-4.2** (использует современные методы анализа при подготовке выводов).

Критерии оценивания (макс. 10 баллов):

- Аргументированность, логика изложения – до 4 б.
- Использование источников и примеров – до 4 б.
- Стиль, оформление – до 2 б.

📖 Примеры эссе**◆ Эссе №1****Тема:** Роль математического моделирования в современной агрономии**Компетенция:** ОПК-4 → ИОПК-4.2**Текст (пример):**

Математическое моделирование стало ключевым инструментом в исследовании процессов агрономии. Оно позволяет формализовать закономерности роста растений, динамику популяций вредителей, прогнозировать урожайность. Использование современных методов анализа, таких как численные решения дифференциальных уравнений и имитационное моделирование, обеспечивает возможность учитывать

сложные взаимодействия биотических и абиотических факторов. Применение компьютерных технологий значительно ускоряет исследования и делает их более наглядными.

Вывод: владение методами моделирования — неотъемлемая часть научных исследований в АПК.

◆ Эссе №2

Тема: *Экономико-математические модели в планировании сельскохозяйственного производства*

Компетенция: ПК-1 → ИПК-1.1

Текст (пример):

Экономико-математические модели позволяют рационально распределять ресурсы в аграрном производстве, учитывая множество факторов и ограничений. Линейное программирование применяется при выборе оптимального набора культур для посева. Модели оптимальности помогают принимать решения с учетом затрат труда, удобрений и капитальных вложений. Особое значение имеет использование информационных технологий: базы данных, программные пакеты (Excel Solver, Python, R), которые обеспечивают доступ к аналитическим инструментам и критический анализ результатов.

Вывод: экономико-математические модели способствуют повышению эффективности аграрного производства и внедрению инновационных технологий.

◆ Эссе №3

Тема: *Имитационное моделирование как инструмент управления проектами в АПК*

Компетенция: УК-2 → ИУК-2.2

Текст (пример):

Имитационное моделирование играет важную роль в управлении проектами агропромышленного комплекса. Оно позволяет рассматривать сценарии развития событий с учетом неопределенности: климатические изменения, колебания цен, риски эпидемий вредителей. Построение компьютерных моделей на основе метода Монте-Карло или системной динамики помогает руководителю проекта разработать стратегию действий при ограниченных ресурсах. Такой подход обеспечивает выбор оптимальных решений и повышает устойчивость проекта.

Вывод: имитационное моделирование — это современный инструмент управления рисками и проектами в АПК.

4. Реферат

Форма: работа объемом 8–12 стр.

Темы: экономико-математические модели в агрономии; современные программные средства моделирования.

Компетенции и индикаторы:

- **ПК-1 → ИПК-1.1** (проводит информационный и патентный поиск, анализирует публикации).
 - **ОПК-4 → ИОПК-4.2** (применяет методы анализа для систематизации данных).
- Критерии оценивания (макс. 15 баллов):**
- Полнота раскрытия темы – до 6 б.
 - Критический анализ источников – до 5 б.
 - Структурированность, оформление – до 4 б.
-

- **Темы рефератов с компетенциями и индикаторами**
- **История и развитие методов математического моделирования в агрономии**
- Компетенция: **ОПК-4**
- Индикатор: **ИОПК-4.2** – использует современные методы анализа при изучении теоретических основ.
- **Классификация математических моделей и их применение в сельском хозяйстве**
- Компетенция: **ПК-1**
- Индикатор: **ИПК-1.1** – проводит информационный поиск и критический анализ по инновационным моделям.
- **Экономико-математические модели планирования сельскохозяйственного производства**
- Компетенция: **ПК-1**
- Индикатор: **ИПК-1.1** – анализирует экономические модели распределения ресурсов.
- **Применение логистической модели роста в прогнозировании урожайности культур**
- Компетенция: **ОПК-4**
- Индикатор: **ИОПК-4.2** – применяет математические методы анализа для прогнозов.
- **Имитационное моделирование агроэкосистем: возможности и ограничения**
- Компетенция: **УК-2**
- Индикатор: **ИУК-2.2** – разрабатывает программу действий с учётом ограничений при сценарном моделировании.
- **Компьютерные технологии (Python, MATLAB, R) в решении задач агрономии**
- Компетенция: **ОПК-4**
- Индикатор: **ИОПК-4.2** – использует современные методы анализа и цифровые инструменты.
- **Критерии оптимальности и методы многокритериального выбора в управлении сельскохозяйственными проектами**
- Компетенция: **УК-2**
- Индикатор: **ИУК-2.2** – формирует программу действий и обоснованные решения в условиях ограничений.
- **Математическое моделирование влияния климатических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур**
- Компетенция: **ПК-1**
- Индикатор: **ИПК-1.1** – осуществляет критический анализ информации об инновационных технологиях и климатических моделях.
-

5. Аналитический обзор

Форма: обзор 10–15 стр. с критическим анализом научных статей.

Направления: модели продуктивности культур, динамика вредителей, цифровые технологии моделирования.

Компетенции и индикаторы:

- **ОПК-4** → **ИОПК-4.2** (анализирует научные исследования с использованием современных методов).
- **ПК-1** → **ИПК-1.1** (выполняет глубокий информационный поиск и анализ).
- **УК-2** → **ИУК-2.2** (формирует программу действий по применению моделей в аграрных проектах).

Критерии оценивания (макс. 20 баллов):

- Охват источников (не менее 10, включая англоязычные) – до 6 б.

- Критический анализ и сравнение подходов – до 8 б.
- Собственные выводы – до 4 б.
- Оформление – до 2 б.

Примеры аналитических обзоров

◆ Аналитический обзор 1

Тема: *Современные модели продуктивности сельскохозяйственных культур: тенденции и перспективы*

Содержание (пример):

В последние годы активно развиваются математические модели прогнозирования урожайности культур, основанные на логистической функции, моделях биопродуктивности и системах динамики растений. Особое внимание уделяется интеграции климатических факторов (температура, влажность, фотопериод) и агротехнических мероприятий (внесение удобрений, ирригация). Современные подходы включают машинное обучение для анализа больших данных и моделирование на основе дистанционного зондирования.

Компетенция: ОПК-4

Индикатор: ИОПК-4.2 – использует современные методы анализа для научных исследований.

◆ Аналитический обзор 2

Тема: *Модели динамики численности вредителей и их применение в фитосанитарном прогнозировании*

Содержание (пример):

Для анализа численности вредителей применяются классические модели роста популяций: экспоненциальная, логистическая, модели с учётом взаимодействия «хищник–жертва» (Лотки–Вольтерры). В условиях изменения климата всё большее значение приобретают стохастические модели и имитационное моделирование, позволяющие учитывать случайные колебания численности. Использование ГИС-технологий обеспечивает пространственное прогнозирование очагов вредителей.

Компетенция: ПК-1

Индикатор: ИПК-1.1 – проводит информационный поиск и критический анализ данных о биологических моделях.

◆ Аналитический обзор 3

Тема: *Цифровые технологии в математическом моделировании агропроизводственных систем*

Содержание (пример):

Развитие цифровых платформ (AgroTech, CropSim, DSSAT) позволяет проводить комплексное моделирование продуктивности культур и управления проектами в АПК. Использование Python, MATLAB и R даёт возможность автоматизировать расчёты, визуализировать результаты и внедрять алгоритмы искусственного интеллекта. Важным направлением является интеграция моделей с IoT-системами для мониторинга в реальном времени. Такие технологии повышают точность прогнозов и позволяют управлять ресурсами с учётом ограничений.

Компетенция: УК-2

Индикатор: ИУК-2.2 – разрабатывает программу действий по решению задач с использованием цифровых инструментов.

III Итоговое распределение баллов

Элемент контроля	Макс. баллы	Проверяемые компетенции	Индикаторы
Тесты	10	ОПК-4, ПК-1	ИОПК-4.2, ИПК-1.1
Контрольная работа	15	ОПК-4, УК-2	ИОПК-4.2, ИУК-2.2
Эссе	10	ПК-1, ОПК-4	ИПК-1.1, ИОПК-4.2
Реферат	15	ПК-1, ОПК-4	ИПК-1.1, ИОПК-4.2
Аналитический обзор	20	ОПК-4, ПК-1, УК-2	ИОПК-4.2, ИПК-1.1, ИУК-2.2
ИТОГО	70		

. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

1. Форма и структура промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации —зачет

Структура зачета:

- 1. Теоретический вопрос (раскрытие понятий, классификаций, принципов моделирования).*
- 2. Практическая задача (решение задачи по моделированию, экономико-математическим расчетам или анализу данных).*
- 3. Аналитическое задание (краткий обзор/эссе по предложенной теме с аргументацией выбора методов и критическим анализом).*

2. Примерный перечень вопросов и заданий для зачета

Теоретические вопросы

- 1. Основные понятия и свойства математических моделей (адекватность, универсальность, экономичность).*
- 2. Классификация моделей: аналитические, имитационные, экономико-математические.*
- 3. Экономико-математические модели и критерии оптимальности.*
- 4. Модели роста популяций и продуктивности культур (экспоненциальная, логистическая).*
- 5. Методы имитационного моделирования и их применение в агрономии.*
- 6. Цифровые технологии (Python, MATLAB, R) в моделировании агропроизводственных процессов.*

Практические задачи

1. Рассчитать прогноз урожайности по логистической модели при заданных параметрах r и K .
2. Решить задачу оптимального распределения ресурсов (земля, труд, капитал) с использованием критерия максимизации целевой функции.
3. Построить имитационную модель динамики численности вредителей (например, по уравнениям Лотки–Вольтерры).
4. Сравнить результаты аналитического и численного решения ОДУ методом Эйлера.

Аналитические задания

1. Составить краткий обзор цифровых технологий моделирования и оценить их значимость для аграрных проектов.
2. Проанализировать влияние климатических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур с использованием математической модели.
3. Сформулировать проектный план (программа действий) по оптимизации агропроизводственного процесса на основе математической модели.

3. Компетенции и индикаторы, проверяемые на зачете

- ОПК-4 → ИОПК-4.2 — проводит научные исследования, используя современные методы анализа.
- ПК-1 → ИПК-1.1 — проводит информационный поиск, осуществляет критический анализ информации по инновационным технологиям.
- УК-2 → ИУК-2.2 — разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом ресурсов и ограничений.

4. Критерии оценивания

- Оценка «зачтено» (60–100 баллов): студент полно и логично раскрывает теорию, верно выполняет практические задачи, демонстрирует владение компьютерными технологиями моделирования и показывает способность к аналитическому мышлению, или частично раскрывает теорию, допускает существенные ошибки при решении задач, аналитический раздел выполнен поверхностно.
- Оценка « не зачтено» (менее 60 баллов): студент не раскрывает основные вопросы, не справляется с практическим заданием, отсутствует обоснованный анализ.

5. Связь текущего контроля и итоговой аттестации

- Текущий контроль (тесты, контрольные работы, эссе, рефераты, аналитические обзоры) обеспечивает 60% от общего рейтинга.
- Итоговый зачет формирует 40% от общего рейтинга.
- Студент имеет право проходить промежуточную аттестацию вне зависимости от текущих результатов, но итоговая оценка формируется с учётом балльно-рейтинговой системы.

6. Балльно-рейтинговая система и перевод в пятибалльную шкалу

- **Максимальное количество баллов за семестр: 100.**
 - **Текущий контроль: до 60 баллов.**
 - **Промежуточная аттестация (зачет): до 40 баллов.**
- - **60–100 баллов → «Зачтено»**
 - **< 60 баллов → «Не зачтено»**

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Оценочные материалы направлены на проверку сформированности компетенций, закрепленных в результате освоения дисциплины.

Они могут быть использованы:

- при составлении программы государственной итоговой аттестации (ГИА);
- при формировании контрольных измерительных материалов для промежуточной аттестации;
- экспертами Рособнадзора в ходе контрольно-надзорных мероприятий.

Данный блок демонстрирует вклад дисциплины в достижение образовательных результатов магистратуры по направлению **35.04.04 «Агрономия» (профиль «Инновационные технологии в АПК»)**.

1. Проверяемые компетенции и индикаторы

- **ОПК-4 → ИОПК-4.2:** проводит научные исследования, используя современные методы анализа.
 - **ПК-1 → ИПК-1.1:** проводит информационный поиск (включая патентный), осуществляет критический анализ информации по инновационным технологиям.
 - **УК-2 → ИУК-2.2:** разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом ресурсов и ограничений.
-

2. Вопросы и задания для проверки остаточных знаний

Теоретический блок

1. Дайте определение математической модели и приведите классификацию моделей, используемых в агрономии.
2. Раскройте понятия адекватности, универсальности и экономичности модели.
3. Объясните роль экономико-математических моделей в управлении агропроизводством.
4. Охарактеризуйте цифровые технологии, применяемые в моделировании продуктивности культур.
5. Обоснуйте значение моделей роста популяций (экспоненциальная, логистическая) для прогнозирования урожайности и динамики вредителей.

Практико-ориентированный блок

6. Постройте прогноз урожайности культуры по логистической модели при заданных параметрах.
7. Составьте алгоритм имитационной модели динамики вредителей с использованием численного метода решения ОДУ.
8. Разработайте оптимизационную задачу распределения ресурсов (земля, удобрения, труд) и определите критерий оптимальности.
9. Выполните критический анализ публикаций по теме «Модели продуктивности сельскохозяйственных культур» и выделите современные направления исследований.

10. Составьте программу действий по управлению проектом по повышению урожайности на основе математического моделирования.

Информация о разработчиках

Сибатаев Ануарбек Каримович, доктор биол. наук, профессор кафедры сельскохозяйственной биологии БИ ТГУ