

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы математического моделирования

(Наименование дисциплины)

«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	180
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	148
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Основы математического моделирования» входит в «Обязательную часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»».

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту) Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без

		привязки к профессиональному стандарту) Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту) ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту)
--	--	--

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Физика	Информационные технологии
2	Высшая математика	Основы систем искусственного интеллекта

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**;
- Учебного плана направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	1. Введение в методологию математического моделирования	20	2		18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений	22	2	2	18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	3. Дискретное и имитационное моделирование	22	2	2	18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	4. Оптимизационные модели и линейное программирование	24	2	4	18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных	22	2	2	18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем	20	2		18	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	7. Системная динамика и агент-ориентированное моделирование	26	2	4	20	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	8. Планирование компьютерного эксперимента и анализ чувствительности моделей	24	2	2	20	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		180	16	16	148	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

1. Введение в методологию математического моделирования Сущность и цели моделирования. Объект, субъект и модель. Классификация моделей: физические (натурные) и математические, детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные и непрерывные. Этапы построения математической модели: постановка задачи, формализация, выбор метода решения, реализация и проверка адекватности.

2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений Моделирование динамических процессов. Понятие фазового пространства. Модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Задача Коши и краевая задача. Численные методы интегрирования ОДУ (методы Эйлера, Рунге-Кутты 4-го порядка). *Пример:* Модель Лотки-Вольтерры «хищник-жертва», динамика остывания тела по закону Ньютона.

3. Дискретное и имитационное моделирование Применение разностных уравнений для описания процессов во времени. Метод Монте-Карло как основа статистического моделирования. Генерация псевдослучайных чисел. Имитационное моделирование сложных систем массового обслуживания (СМО): одноканальные и многоканальные системы с очередями. *Пример:* Моделирование работы кассы супермаркета или диспетчера вышки управления полетами.

4. Оптимизационные модели и линейное программирование Постановка задач оптимизации: целевая функция, ограничения, область допустимых решений. Графический метод решения задач линейного программирования (ЛП). Симплекс-метод как универсальный алгоритм поиска экстремума. Транспортная задача и задача о назначениях. *Пример:* Распределение ресурсов авиакомпании между маршрутами для максимизации прибыли.

5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных Математическая обработка результатов эксперимента. Метод наименьших квадратов (МНК). Построение парной и множественной линейной регрессии. Оценка качества модели: коэффициент корреляции и коэффициент детерминации (R^2). Нелинейная регрессия и линеаризация зависимостей. *Пример:* Зависимость расхода топлива самолета от его взлетной массы и температуры наружного воздуха.

6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем Цепи Маркова с дискретным временем. Матрица переходных вероятностей. Нахождение стационарного распределения состояний системы. Применение к прогнозированию надежности технических систем и оценке износа агрегатов. *Пример:* Вероятность перехода БПЛА из состояния «Исправен» в состояние «Требуется ТО» за один цикл полета.

7. Системная динамика и агент-ориентированное моделирование Концепция обратных связей (положительных и отрицательных) в сложных системах. Поточковые диаграммы уровней (*Stock and Flow diagrams*). Агент-ориентированные модели (ABM): поведение автономных агентов и эмерджентные свойства популяции. *Пример:* Моделирование распространения вирусных инфекций или динамики цен на авиабилеты при изменении спроса.

8. Планирование компьютерного эксперимента и анализ чувствительности моделей Различие между физическим и вычислительным экспериментом. Стратегии планирования экспериментов: полный факторный эксперимент (ПФЭ) и дробные реплики. Методы понижения размерности. Анализ чувствительности модели: определение параметров, оказывающих наибольшее влияние на выходной результат (анализ «что, если»). Калибровка и верификация моделей.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	1. Введение в методологию математического моделирования
ПЗ 2	2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений
ПЗ 3, 4	3. Дискретное и имитационное моделирование
ПЗ 5	4. Оптимизационные модели и линейное программирование
ПЗ 6, 7	5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных
ПЗ 8	6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	1. Введение в методологию математического моделирования	ПЗ	Метод кейсов	75
2	2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений	Л	Лекция-ситуация	25
3	3. Дискретное и имитационное моделирование	ПЗ	Метод кейсов	75
4	4. Оптимизационные модели и линейное программирование	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных	Л	Мозговой штурм	50
6	6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем	ПЗ	Метод кейсов	75
7	7. Системная динамика и агент-ориентированное моделирование	ПЗ	Метод кейсов	75
8	8. Планирование компьютерного эксперимента и анализ чувствительности моделей	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	1. Введение в методологию математического моделирования	1, 2	1, 3, 5
2	2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	3. Дискретное и имитационное моделирование	7, 8, 9	3, 4, 5
4	4. Оптимизационные модели и линейное программирование	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных	14, 15, 16	3, 4, 5
6	6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем	17, 18	2, 3, 5
7	7. Системная динамика и агент-ориентированное моделирование	19-25	1, 3, 5
8	8. Планирование компьютерного эксперимента и анализ чувствительности моделей	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Организация линейной станции технического обслуживания (ЛСТО). Требования к Анализ чувствительности математических моделей. Определение параметров, вносящих наибольшую неопределенность в прогноз (метод «торнадо-диаграмм» и расчет производных по параметрам).

2. Применение клеточных автоматов для моделирования физических процессов. Моделирование диффузии газов или распространения лесных пожаров на дискретной сетке.

3. Математическая модель динамики полета малого БПЛА. Составление системы дифференциальных уравнений движения центра масс с учетом тяги двигателя и аэродинамического сопротивления.

4. Моделирование транспортных потоков и заторов на автомагистралях. Применение модели Лайтхилла-Уизхема-Ричардса (LWR) и микроскопического следования за лидером.

5. Агент-ориентированное моделирование поведения толпы при эвакуации из здания аэропорта. Реализация правил взаимодействия агентов («столкновение», «обход препятствия») на языке Python.

6. Оптимизация расписания работы наземного спецтранспорта аэропорта методами линейного программирования. Минимизация времени простоя трапов и топливозаправщиков между рейсами.

7. Использование нейронных сетей прямого распространения как универсальных аппроксиматоров функций. Теорема Цыбенко и ее применение для восстановления неизвестной зависимости по экспериментальным данным.

8. Марковская модель оценки надежности сложной технической системы с резервированием. Расчет вероятности безотказной работы дублированной системы управления двигателем.

9. Фрактальная геометрия и моделирование береговых линий или облачных структур. Использование систем итерируемых функций (IFS) и L-систем для генерации реалистичных ландшафтов.

10. Задача коммивояжера: сравнение точных методов (ветвей и границ) и эвристик (муравьиный алгоритм). Программная реализация поиска кратчайшего маршрута обхода 15 контрольных точек.

11. Моделирование эпидемии в замкнутом коллективе (на примере экипажа судна). Модель SIR (Susceptible-Infected-Recovered) и оценка эффективности карантинных мер.
12. Метод конечных разностей для численного решения уравнения теплопроводности. Моделирование распределения температуры в металлической пластине фюзеляжа при неравномерном солнечном нагреве.
13. Теория игр в задачах конкуренции авиакомпаний на одном маршруте. Матричные игры, поиск равновесия по Нэшу в ценообразовании билетов.
14. Стохастическое моделирование очередей в системе регистрации пассажиров. Многоканальная СМО М/М/сМ/М/сМ/М/с: расчет оптимального количества стоек регистрации для заданного уровня задержек.
15. Имитационное моделирование Монте-Карло для оценки рисков инвестиционного проекта. Построение гистограммы распределения NPV (чистой приведенной стоимости) при случайном изменении цен на топливо.
16. Модель Лотки-Вольтерры «хищник-жертва» и ее модификации. Анализ устойчивости предельных циклов и влияния внешних возмущений на популяционную динамику.
17. Цифровая обработка сигналов на основе преобразования Фурье. Фильтрация шума вибрации двигателя из полезного сигнала датчика акселерометра.
18. Генетические алгоритмы для настройки коэффициентов регуляторов автопилота. Процесс кодирования хромосом, кроссовер и мутация для минимизации ошибки стабилизации тангажа.
19. Моделирование процесса обледенения несущих поверхностей летательного аппарата. Оценка интенсивности нарастания льда в зависимости от водности облака и температуры воздуха.
20. Системная динамика: модель устойчивого развития авиапредприятия. Выявление контуров обратной связи между инвестициями в обновление парка, лояльностью клиентов и чистой прибылью компании.

1.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	1. Введение в методологию математического моделирования	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	2. Математическое описание систем с помощью дифференциальных уравнений	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	3. Дискретное и имитационное моделирование	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	4. Оптимизационные модели и линейное программирование	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	5. Регрессионный анализ и аппроксимация данных	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	6. Марковские процессы как инструмент моделирования случайных изменений состояния систем	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	7. Системная динамика и агент-ориентированное моделирование	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

8	8. Планирование компьютерного эксперимента и анализ чувствительности моделей	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Построение регрессионной модели расхода топлива. По предоставленной таблице данных (взлетная масса ВС, температура наружного воздуха, часовой расход топлива) рассчитать коэффициенты множественной линейной регрессии методом наименьших квадратов и оценить адекватность модели по коэффициенту детерминации R^2 .

2. Численное решение задачи Коши для динамики БПЛА. Реализовать в среде Python метод Рунге-Кутты 4-го порядка для системы дифференциальных уравнений вертикального подъема дрона $\frac{dv}{dt} = \frac{P - mg - cv^2}{m}$. Построить график зависимости высоты от времени.

3. Моделирование одноканальной СМО «Диспетчер УВД». Написать имитационную модель на любом языке программирования для расчета среднего времени ожидания самолета в очереди на посадку при интенсивности прилета 8 бортов/час и среднем времени обслуживания 6 минут.

4. Решение транспортной задачи линейного программирования. Используя симплекс-метод или инструмент «Поиск решения» (Solver), распределить грузы с трех складов авиакомпании к четырем потребителям так, чтобы суммарные затраты на перевозку были минимальны.

5. Анализ чувствительности выходной переменной. Для формулы подъемной силы крыла $Y = C_y \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S$ провести однофакторный анализ: определить, изменение какого параметра (скорости V или плотности воздуха ρ) на 1% сильнее влияет на результат.

6. Марковская модель надежности агрегата. Составить граф состояний («Исправен», «Скрытый отказ», «Явный отказ») и систему дифференциальных уравнений Колмогорова для дублированного насоса гидросистемы. Найти вероятность безотказной работы за 100 часов.

7. Аппроксимация экспериментальных данных нелинейной функцией. Методом выравнивания линеаризовать зависимость тяги ГТДА от оборотов турбины вида $T = a \cdot n^b$. Найти параметры a и b через МНК и построить совмещенный график исходных точек и теоретической кривой.

8. Оптимизация маршрута методами теории графов. Для заданной матрицы расстояний между 10 аэропортами решить задачу коммивояжера с помощью метода ветвей и границ, найдя кратчайший замкнутый маршрут.

9. Моделирование процесса остывания тормозных дисков. Численно решить уравнение теплопроводности $\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ явной схемой конечных разностей для стальной пластины, начальная температура которой 500°C , а среда имеет температуру 20°C .

10. Применение клеточного автомата «Игра Жизнь» Конвея. Задать произвольную начальную конфигурацию на сетке 20x20 клеток и промоделировать 15 поколений эволюции, объяснив возникновение статических или осциллирующих структур.
11. Расчет стационарного распределения цепи Маркова. Для матрицы переходных вероятностей состояния погоды в аэропорту (Ясно — Облачно — Дождь) вычислить вероятности установившегося режима (независимо от того, какая погода была сегодня).
12. Агент-ориентированное моделирование эвакуации. На плоскости расставить N агентов-точек у выхода шириной W . Задать правило движения $(v_i = k \cdot \nabla D(x,y)) v_i = k \cdot \nabla D(x,y)$, где $D(x,y)$ — расстояние до цели) и визуализировать образование затора перед узким проходом.
13. Генетический алгоритм подбора весов нейрона. Создать популяцию из 50 особей (наборов весов). Функция приспособленности — точность классификации взлетающего/сажающегося самолета по данным радарной отметки. Провести 20 итераций отбора и скрещивания.
14. Системная динамика: модель управления запасами запчастей. Построить потоковую диаграмму уровней (*Stock and Flow*) для склада лопаток турбины. Промоделировать влияние задержки поставки (*Lead Time*) на риск возникновения дефицита (*Backorder*).
15. Метод Монте-Карло для оценки площади сложной фигуры. Вычислить площадь поперечного сечения полимотогондолы нестандартной формы, вписанной в прямоугольник со сторонами 10x5 метров, используя генерацию 1 000 000 случайных точек.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

1. Методология математического моделирования: от постановки задачи до верификации модели. Сущность этапов построения, типичные ошибки формализации и критерии адекватности.
2. Применение дифференциальных уравнений в частных производных для моделирования аэродинамических процессов. Уравнения Навье-Стокса и методы их упрощения (схемы потенциального течения).
3. Агент-ориентированное моделирование как инструмент исследования эмерджентных свойств сложных систем. Принципы поведения автономных агентов на примере транспортных потоков или социальных групп.
4. Теория игр и ее применение для моделирования конкурентного взаимодействия авиакомпаний на одном маршруте. Биматричные игры, поиск равновесия по Нэшу в ценообразовании.
5. Марковские процессы с дискретными состояниями в задачах оценки надежности авиационной техники. Построение графов состояний системы «двигатель — планер» и расчет вероятностей перехода.
6. Имитационное моделирование методом Монте-Карло для анализа рисков инвестиционных проектов в гражданской авиации. Оценка влияния случайных колебаний цен на топливо на чистую приведенную стоимость (NPV) проекта.
7. Линейное программирование и симплекс-метод в задачах оптимального распределения ресурсов аэропорта. Оптимизация расписания работы наземного спецтранспорта (заправщиков, тягачей).
8. Нелинейная динамика и хаос: модель странного аттрактора Лоренца. Физический смысл переменных модели и ее связь с конвективными движениями воздуха в атмосфере.
9. Системная динамика: моделирование обратных связей в управлении авиапредприятием. Выявление контуров усиления и балансировки при росте парка воздушных судов и спроса на перевозки.
10. Использование нейронных сетей прямого распространения как универсальных аппроксиматоров функций. Теорема Цыбенко и обучение многослойного перцептрона на данных полетной информации.
11. Моделирование логистических цепочек поставок запасных частей методами теории массового обслуживания. Расчет оптимального уровня страхового запаса для минимизации простоев ВС в ангаре.

12. Численные методы решения жестких систем дифференциальных уравнений в химической кинетике горения топлива в ГТД. Сравнение устойчивости методов Эйлера и неявных схем Рунге-Кутты.

13. Фрактальная геометрия и L-системы в компьютерном моделировании природных ландшафтов и биологических структур. Алгоритмы генерации реалистичных изображений крон деревьев или облаков для тренажеров.

14. Стохастическое моделирование процессов обледенения несущих поверхностей летательного аппарата. Вероятностная оценка интенсивности нарастания льда в зависимости от метеоусловий.

15. Задача коммивояжера и методы ее приближенного решения (муравьиный алгоритм, генетические алгоритмы). Применение для планирования маршрутов инспекционного облета линий электропередач беспилотниками.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Раскройте сущность понятия «математическая модель». В чем заключается принцип адекватности модели и как он проверяется на практике?

2. Опишите основные этапы построения математической модели: от постановки задачи до программной реализации и анализа результатов.

3. Приведите классификацию математических моделей по характеру изменения переменных во времени (статические, динамические) и по способу получения результата (детерминированные, стохастические).

4. Сформулируйте задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Каков физический смысл начальных условий в моделях динамики полета ЛА?

5. Объясните идею метода конечных разностей для численного решения дифференциальных уравнений. Запишите расчетную схему явного метода Эйлера.

6. Что такое фазовое пространство и фазовый портрет системы? Как с их помощью анализируется устойчивость положений равновесия?

7. Охарактеризуйте особенности имитационного моделирования. В каких случаях оно применяется вместо аналитического решения уравнений?

8. Дайте определение марковского процесса с дискретными состояниями. Как составляется система уравнений Колмогорова для оценки надежности технической системы?

9. Раскройте суть регрессионного анализа. В чем заключается метод наименьших квадратов при поиске коэффициентов линейной зависимости?

10. Какие показатели используются для оценки качества регрессионной модели? Физический смысл коэффициента детерминации R^2 .

11. Сформулируйте общую постановку задачи оптимизации. Что такое целевая функция, критерии оптимальности и область допустимых решений?

12. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Суть графического метода поиска экстремума функции двух переменных.

13. Опишите алгоритм симплекс-метода как универсального способа решения задач линейного программирования любой размерности.

14. Что представляет собой транспортная задача? Каким образом в ней учитываются ограничения по запасам и потребностям?

15. Раскройте понятие чувствительности математической модели. Как проводится однофакторный анализ влияния параметров на выходной результат?

16. В чем разница между полным факторным экспериментом (ПФЭ) и дробным факторным экспериментом? Цель планирования компьютерного эксперимента.

17. Основы теории игр: платежная матрица, стратегии игроков и седловая точка. Понятие равновесия по Нэшу.

18. Принципы агент-ориентированного моделирования (ABM). Как из простых правил поведения отдельных агентов возникают сложные эмерджентные свойства всей системы?

19. Что такое системная динамика? Роль контуров положительной («усиление») и отрицательной («балансировка») обратной связи в моделях развития организаций.

20. Метод Монте-Карло: идея статистических испытаний. Как вычисляется значение определенного интеграла или площадь сложной фигуры с помощью генерации случайных чисел?

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется процесс определения того, насколько точно построенная математическая модель отражает свойства реального объекта? а) Валидация; б) Линеаризация; в) Адекватность (верификация); г) Декомпозиция. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой численный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений обладает 4-м порядком точности и является наиболее распространенным на практике? а) Метод Эйлера; б) Метод Рунге-Кутты 4-го порядка; в) Метод Ньютона; г) Метод Гаусса. **Правильный ответ: б)**

3. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что вычисляет коэффициент детерминации R^2 в регрессионном анализе? а) Угол наклона линии тренда; б) Долю дисперсии зависимой переменной, объясненную моделью; в) Среднюю ошибку аппроксимации; г) Количество наблюдений в выборке. **Правильный ответ: б)**

4. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется область поиска решений в задаче линейного программирования, ограниченная системой неравенств-ограничений? а) Область допустимых решений; б) Целевая функция; в) Седловая точка; г) Фазовое пространство. **Правильный ответ: а)**

5. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип моделирования предполагает наличие элемента случайности, при котором результаты одного и того же эксперимента могут различаться? а) Детерминированное; б) Стохастическое; в) Статическое; г) Аналитическое. **Правильный ответ: б)**

6. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных этапов обязательны при построении любой математической модели? а) Постановка задачи и определение цели; б) Сбор исходных данных и их анализ; в) Написание программного кода без проверки формул; г) Проверка адекватности и чувствительности модели. **Правильный ответ: а), г)**

7. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Для каких типов систем или процессов характерно применение марковских моделей (цепей Маркова)? а) Системы, где будущее состояние зависит только от текущего; б) Процессы с полной памятью о всей предыстории; в) Оценка надежности агрегатов с дискретными состояниями («исправен», «отказ»); г) Решение статических алгебраических уравнений. **Правильный ответ: а), в)**

8. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность действий при проведении имитационного эксперимента:

1. Анализ результатов и расчет статистик;
2. Генерация псевдослучайных чисел;
3. Формализация логики работы системы;
4. Запуск прогонов модели (NNN итераций). **Правильный ответ: 3-2-4-1**

9. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность этапов графического метода решения задачи линейного программирования:

1. Нахождение градиента целевой функции;
2. Построение области допустимых решений на плоскости;
3. Определение вектора перемещения для оптимизации;
4. Поиск крайней точки касания прямой уровня с ОДР. **Правильный ответ: 2-1-3-4**

10. На установление соответствия

Установите соответствие между классом моделей и его описанием:

Тип модели	Описание
А) Оптимизационная	1) Поиск экстремума (максимума/минимума) целевой функции при наличии ограничений
Б) Имитационная	2) Воспроизведение процесса функционирования системы во времени через алгоритм
В) Регрессионная	3) Установление количественной зависимости между входными факторами и выходным результатом

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3

11. На установление соответствия

Установите соответствие между понятием теории игр и его определением:

Понятие	Определение
А) Платежная матрица	1) Набор стратегий, при которых ни одному игроку не выгодно менять решение в одностороннем порядке
Б) Равновесие по Нэшу	2) Таблица выигрышей игроков для всех комбинаций их чистых стратегий
В) Доминирующая стратегия	3) Стратегия, которая приносит лучший результат независимо от действий оппонента

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

12. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Процесс упрощения сложной нелинейной зависимости путем замены ее линейной функцией в окрестности рабочей точки называется... **Правильный ответ: линеаризация**

13. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Математический метод получения выходных данных путем выполнения многократных испытаний со случайными параметрами для оценки вероятностных характеристик — это метод... **Правильный ответ: монте-карло**

14. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Что такое фазовое пространство динамической системы и что представляет собой траектория движения изображающей точки в нем? **Правильный ответ: многомерное пространство, осями которого являются переменные состояния системы; траектория описывает эволюцию системы во времени из начального состояния.**

15. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В чем заключается принцип обратной связи в моделях системной динамики? Приведите пример положительной и отрицательной обратной связи. **Правильный ответ:** влияние результата процесса на его дальнейшее протекание; пример (+): рост населения ведет к еще большему росту; пример (-): термостат отключает обогрев при достижении температуры.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Маликов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 403 с.
2. Костюкова, Н. И. Основы математического моделирования : учебное пособие / Н. И. Костюкова. — Москва : Профобразование, 2024. — 219 с.

7.2. Дополнительная литература

3. Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 133 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Меловая доска

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Основы математического моделирования**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. *Лекции* дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на *понимание смысла* основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно *подробно разобрать типовые примеры*, выясняя в деталях *практическое значение выученного теоретического материала*.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы математического моделирования

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)