

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»

Актуализировано 24 ДЕК 2018

Проректор МАИ  Д.А.Козорез

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Козорез Д.А.  
"30" "08" 2018

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000094669)**

**Моделирование систем и процессов**

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Специальность 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

Квалификация выпускника Инженер

Специализация подготовки Летные испытания пилотируемых авиационных и воздушно-космических летательных аппаратов

Форма обучения очная  
(очно, очно-заочное, заочное)

Выпускающая кафедра A11

Обеспечивающая кафедра A11

Кафедра-разработчик рабочей программы A11

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	КСР, час.	СРС, час.	Экзаменов, час.	Форма промежуточного контроля
6	3	108	24	8	8	0	68	0	Зо
7	4	144	24	8	8	0	68	36	Э

Москва  
2018

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

### Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС НИУ МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО по специальности 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

---

Авторы программы:

Торопов В.А.

  
\_\_\_\_\_

Заведующий обеспечивающей кафедрой А11

  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой А11

  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Директор выпускающего филиала «Взлет»

  
\_\_\_\_\_ Жиделев А.В.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Моделирование систем и процессов является достижение следующих результатов освоения(РО):

№	Шифр	Результат освоения
1	У-5 (ОПК-5)	Уметь проводить расчеты с использованием фундаментальных констант, пользоваться основными приемами обработки экспериментальных данных с представлением их в виде схем, графиков и т.д.;
2	У-5 (ОПК-7)	Уметь: строить физические модели для простых прикладных задач.
3	У-8 (ОПК-7)	Уметь составлять уравнения, описывающие механические процессы, т.е. кинетические и динамические уравнения, уравнения равновесия
4	У-9 (ОПК-7)	Уметь технически сформулированную задачу представить в виде упрощенной модели так, чтобы для ее решения можно было применять законы механики и строгие математические методы
5	3-3(ПСК-3.3)	Знать методы математического и физического моделирования условий эксплуатации летательного аппарата и комплекса систем наземного обслуживания
6	У-3(ПСК-3.3)	Уметь использовать прикладные программы для моделирования и расчета различных подсистем летательных аппаратов

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

№	Шифр	Компетенция
1	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)
2	ОПК-7	Готовность разрабатывать физические и математические модели механических и технологических процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования
3	ПСК-3.3	Владение методами математического и физического моделирования условий эксплуатации летательного аппарата (ПСК-3.3)

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Моделирование систем и процессов является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

№	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Соппротивление материалов	Итоговая гос. аттестация
2	Математический анализ	Теория планирования летных испытаний
3	Физика	Гидродинамика (Прикладная газодинамика)
4	Термодинамика и теплопередача	Методы оценки авиационных комплексов
5	Материаловедение	Преддипломная практика
6	Технология конструкционных материалов	
7	Информационно-измерительные системы летательных аппаратов	

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы), 252 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич.	Лаборат.	КСР	СРС	Всего	Всего с

			занятия	работы			часов	экзаменами и курсовыми
Моделирование систем и процессов (часть 1)	Моделирование: общие положения. АК как объект моделирования.	4	0	0	0	2	6	108
	Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный анализ устойчивости линейной системы.	8	2	4	0	12	26	
	Многомерные динамические системы. Фундаментальная матрица системы	4	0	0	0	4	8	
	Численные методы, используемые при моделировании	2	2	0	0	14	18	
	Моделирование случайных процессов (СП) в динамических системах.	4	2	0	0	14	20	
	Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах.	2	2	4	0	22	30	
Моделирование систем и процессов (часть 2)	Идентификация систем	10	4	0	0	17	31	144
	Полунатурные модели и их применение в летных испытаниях. Натурно-модельный подход в испытаниях АК и ЛА.	4	2	0	0	18	24	
	Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-космической техники.	10	2	8	0	33	53	
<b>Всего</b>		<b>48</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>136</b>	<b>216</b>	<b>252</b>

### 3.1.Содержание (дидактика) дисциплины

*В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины.*

- 1. Общие положения моделирования
- 2. Система. Общие сведения и закономерности.
- 3. Процесс
- 4. Динамические системы
- 5. Фундаментальная матрица системы
- 6. Численные методы в моделировании
- 7. Моделирование случайных процессов
- 8. Моделирование нелинейных систем
- 9. Идентификация систем
- 10. Полунатурные модели в летных испытаниях
- 11. Применение моделирования процессов и систем в испытаниях АТ

### 3.2. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции	Дидакт. единицы
1	1.1. Моделирование: общие положения. АК как объект моделирования.	4	Моделирование. Основные определения и понятия, требования. АК как объект моделирования.	1
2	1.2. Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный анализ устойчивости линейной системы.	4	Система. Оператор системы. Модели и моделирование систем. Классификация систем. Определения процесса.	2
3	1.2. Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный анализ устойчивости линейной системы.	2	Стандартизованные входные и выходные сигналы системы: понятие дельта-функции, функция Хевисайда, гармонические сигналы. Линейные и нелинейные системы.	2
4	1.2. Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный анализ устойчивости линейной системы.	2	Модели в пространстве состояний. Передаточная функция (ПФ) системы и ее преобразования.	2
5	1.3. Многомерные динамические системы. Фундаментальная матрица системы	2	Система с двумя входными сигналами. Система с n выходами. Примеры.	2, 3, 4
6	1.3. Многомерные динамические системы. Фундаментальная	2	Оператор многомерной линейной нестационарной системы. Фундаментальная матрица системы. Устойчивость, управляемость и наблюдаемость многомерных систем.	2, 4, 5

	матрица системы			
7	1.4.Численные методы, используемые при моделировании	2	Численное решение ДУ, описывающих модель в пространстве состояния. Аппроксимация.	6
8	1.5.Моделирование случайных процессов (СП) в динамических системах.	4	Случайная величина, ее характеристики.Погрешности. Регрессия.Типы СП, их характеристики.Белый шум.	7
9	1.6.Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах.	2	Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах. Статистическая и гармоническая линеаризация.	8
10	2.1.Идентификация систем	6	Основные понятие теории идентификации, постановка задачи идентификации, основные определения.	9
11	2.1.Идентификация систем	4	Определение частотных и временных характеристик. Современные методы идентификации.	9
12	2.2.Полунатурные модели и их применение в летных испытаниях. Натурно-модельный подход в испытаниях АК и ЛА.	4	Авиационные тренажеры и пилотажные стенды. Универсальные средства подготовки летных экипажей. Автоматизированные рабочие места инженера-испытателя.	10
13	2.3.Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-космической техники.	6	Моделирование как основной способ интенсификации разработки и испытаний АТ. Формирование обобщенной математической модели движения самолета.	11
14	2.3.Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-космической техники.	4	Система «летчик-самолет» и её моделирование. Модели управляющих действий летчика.	11
	<b>Итого:</b>	<b>48</b>		

### 3.3.Содержание лекций.

#### 1.1.1. Моделирование. Основные определения и понятия, требования. АК как объект моделирования. (АЗ: 4, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Понятие о моделировании. Основные определения. Моделирование как средство научного исследования. Методология моделирования сложных объектов. Основные требования к моделям. Этапы создания моделей. АК как объект моделирования.

**1.2.1. Система. Оператор системы. Модели и моделирование систем. Классификация систем. Определения процесса. (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**1.2.2. Стандартизованные входные и выходные сигналы системы: понятие дельта-функции, функция Хевисайда, гармонические сигналы.**

**Линейные и нелинейные системы. (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**1.2.3. Модели в пространстве состояний. Передаточная функция (ПФ) системы и ее преобразования. (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Частотные характеристики. Анализ устойчивости системы на основе частотных характеристик.

Модели в пространстве состояний.

{Преобразование Лапласа. Элементарные динамические звенья (усилительное; интегрирующее; апериодическое; 2-го порядка: характеристики переходного процесса; дифференцирующее звено, форсирующее звено, форсирующее звено 2-го порядка) и их применение в ММ ЛА и его систем.}\*  
Дискретные преобразования. Передаточная функция (ПФ) системы. Нули и полюса ПФ. Структурные преобразования. Последовательное и параллельное соединения звеньев. Элементы структурных преобразований.

Правила формирования ПФ системы по системе дифференциальных уравнений (ДУ)  $n$ -го порядка. Преобразование передаточной функции произвольного порядка к модели в пространстве состояний.

**1.3.1. Система с двумя входными сигналами. Система с  $n$  выходами. Примеры. (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Система с двумя входными сигналами. Изображение выходного сигнала. Изображение ошибки. Изображение рассогласования. Система с  $n$  выходами. ПФ для рассогласования и ошибки. Примеры реальных многомерных систем. Матричная форма записи ММ динамических систем. Дифференцирование функции 2-го порядка по векторной переменной.

**1.3.3. Оператор многомерной линейной нестационарной системы. Фундаментальная матрица системы. Устойчивость, управляемость и наблюдаемость многомерных систем. (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Оператор многомерной линейной нестационарной системы. Фундаментальная матрица системы. Фундаментальная матрица стационарной системы.

Устойчивость, управляемость и наблюдаемость многомерных систем.

#### **1.4.1. Численное решение ДУ, описывающих модель в пространстве состояния. Аппроксимация. (АЗ: 2, СРС: 6)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** {Методы численного решения ДУ, описывающих модель в пространстве состояния: метод Ньютона; метод Рунге-Кутты.

Интерполирование.} Аппроксимация. Общая постановка метода наименьших квадратов (МНК). Методика нахождения параметров приближающей функции в общем виде для 3-х переменных. Расширение для случая n переменных. Сплайн-аппроксимация.

Интегральная квадратичная оценка: сущность и применение метода. Вычисление интегральной квадратичной оценки  $\dot{I}$  для системы, заданной ПФ  $F(p)$ .

#### **1.5.1. Случайная величина, ее характеристики. Погрешности. Регрессия. Типы СП, их характеристики. Белый шум. (АЗ: 4, СРС: 8)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Случайная величина (СВ), её числовые характеристики. Основные типы распределений СВ (равномерное, Гауссово). Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Состоятельные и несмещённые оценки МО и дисперсии, СКО СВ по результатам наблюдений.

Стационарный и эргодический случайные процессы. Спектральная плотность. Формирующий фильтр и его применение.

#### **1.6.1. Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах. Статистическая и гармоническая линеаризация. (АЗ: 2, СРС: 6)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

#### **2.1.1. Основные понятия теории идентификации, постановка задачи идентификации, основные определения. (АЗ: 6, СРС: 7)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

#### **2.1.2. Определение частотных и временных характеристик.**

##### **Современные методы идентификации. (АЗ: 4, СРС: 8)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс



**Описание:** Определение частотных и временных характеристик. Упрощенная методика частотной идентификации на основе метода спектрального анализа.

Современные методы идентификации на основе оценивания. Комплекс датчиков для идентификации ЛА. Постановка задачи параметрической идентификации. Идентификация с адаптивной моделью.

{Субоптимальная оценка параметров ММ (фильтр Калмана-Бьюси).

Оценка достоверности ММ.}

**2.2.1. Авиационные тренажеры и пилотажные стенды. Универсальные средства подготовки летных экипажей. Автоматизированные рабочие места инженера-испытателя. (АЗ: 4, СРС: 16)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Авиационные тренажеры и пилотажные стенды. Полетные имитаторы (флайт-симуляторы). Универсальные средства подготовки летных экипажей. Автоматизированные рабочие места инженера-испытателя. Натурно-модельный подход в испытаниях АК и ЛА.

**2.3.1. Моделирование как основной способ интенсификации разработки и испытаний АТ. Формирование обобщенной математической модели движения самолета. (АЗ: 6, СРС: 16)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Моделирование атмосферы и атмосферной турбулентности.

Общая структура моделей, применяемых в ЛИ. Задачи и виды моделирования, применяемые при разработке и в испытаниях авиационных комплексов. Моделирование как основной способ интенсификации разработки и испытаний АТ. Принципы и схема формирования обобщенной математической модели движения самолета.

**2.3.3. Система «летчик-самолет» и её моделирование. Модели управляющих действий летчика. (АЗ: 4, СРС: 16)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Моделирование взаимного положения объектов, используемое в испытаниях.

Наведение.

### 3.4. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия	Дидакт. единицы
1	1.2. Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный	2	Структурно-функциональная схема модели системы. Преобразование модели системы, заданной в виде структурной схемы, к модели в пространстве состояний.	1, 2

	анализ устойчивости линейной системы.			
2	1.4.Численные методы, используемые при моделировании	2	Моделирование некоторых этапов полета самолета (взлет, полет на эшелоне, посадка).	1, 2, 4, 6
3	1.5.Моделирование случайных процессов (СП) в динамических системах.	2	Моделирование случайных процессов. Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии.	2, 3, 4, 7
4	1.6.Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах.	2	Нелинейные зависимости в материалах испытаний ЛА. Применение интерполяции и аппроксимации при обработке материалов испытаний.	8
5	2.1.Идентификация систем	4	Определение параметров моделей продольного и бокового движения самолета (традиционные методы идентификации).	9
6	2.2.Полунатурные модели и их применение в летных испытаниях. Натурно-модельный подход в испытаниях АК и ЛА.	2	Моделирование случайных процессов. Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии.	7, 10
7	2.3.Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-космической техники.	2	Построение областей досягаемости.	4, 11
<b>Итого:</b>		<b>16</b>		

### 3.5.Содержание практических занятий

**1.2.1. Структурно-функциональная схема модели системы. Преобразование модели системы, заданной в виде структурной схемы, к модели в пространстве состояний. (А3: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.4.1. Моделирование некоторых этапов полета самолета (взлет, полет на эшелоне, посадка). (А3: 2, СРС: 8)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.5.1. Моделирование случайных процессов. Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии. (А3: 2, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**Описание:** Моделирование случайных процессов. Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии.

**1.6.1. Нелинейные зависимости в материалах испытаний ЛА. Применение интерполяции и аппроксимации при обработке материалов испытаний. (А3: 2, СРС: 6)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.1.1. Определение параметров моделей продольного и бокового движения самолета (традиционные методы идентификации). (А3: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.2.1. Моделирование случайных процессов. Оценка погрешностей квантования сигнала по уровню и времени. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии. (А3: 2, СРС: 2)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.3.1. Построение областей досягаемости. (А3: 2, СРС: 1)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### 3.6.Лабораторные работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории	Объем, часов	Дидакт. единицы
1	1.2.Система. Задачи исследования систем. Модели систем и процессов. Частотный анализ устойчивости линейной системы.	Моделирование взлета [посадки]* самолета.	ВЦ филиала "Взлет"	4	1, 2
2	1.6.Моделирование нелинейных зависимостей в авиационных системах.	Аппроксимация аэродинамических характеристик самолета, заданных таблично, с помощью МНК, сплайн-интерполяция.		4	2, 4, 8
3	2.3.Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-	Моделирование сближения самолетов с заданным алгоритмом управления и построение области возможных атак	ВЦ филиала "Взлет"	4	11

	космической техники.				
4	2.3.Применение моделирования процессов и систем в испытаниях авиационной и ракетно-космической техники.	Построение модели автопилота тангажа и проведение исследований с ее помощью.	ВЦ филиала "Взлет"	4	11
<b>Итого:</b>				16	

### 3.7.Содержание лабораторных работ

#### 1.2.1. Моделирование взлета [посадки]\* самолета. (АЗ: 4, СРС: 4)

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### 1.6.1. Аппроксимация аэродинамических характеристик самолета, заданных таблично, с помощью МНК, сплайн-интерполяция. (АЗ: 4, СРС: 10)

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### 2.3.1. Моделирование сближения самолетов с заданным алгоритмом управления и построение области возможных атак (АЗ: 4, СРС: 0)

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### 2.3.2. Построение модели автопилота тангажа и проведение исследований с ее помощью. (АЗ: 4, СРС: 0)

**Форма организации:** Лабораторная работа

### 3.6.Промежуточная аттестация

#### 1. Зачет с оценкой (6 семестр)

Вопросы к зачету (6 семестр) приведены в прил. 2.1.

#### 2. Экзамен (7 семестр)

Вопросы к экзамену (7 семестр) приведены в прил. 2.2.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5. 1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
6. 2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
7. 3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
8. 4. Информационные стенды кафедры.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Раздел формируется на основании Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г. (п. 5.4.1) и включает:

- 1) перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- 2) описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

3) типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

4) методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

**5.1 Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:**

<b>№</b>	<b>Шифр</b>	<b>Компетенция</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>
1	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
2	ОПК-7	Готовность разрабатывать физические и математические модели механических и технологических процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
	ПСК-3.3	Владение методами математического и физического моделирования условий эксплуатации летательного аппарата (ПСК-3.3)	

**5.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания:**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а также описание шкал оценивания, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, сформулировано в п.п. 7.3...7.5.3 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:**

Формы оценочных средств текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b><i>Текущий контроль успеваемости</i></b>			
1.	Текущее тестирование	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде письменного либо автоматизированного выполнения заданий, содержащих теоретические вопросы либо практические задания (задачи). Рекомендуется для оценки знаний и умений студентов.	Комплект контрольных тестов, заданий (прил. 2.2)
2.	Выполнение лабораторных работ	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде проверки текущих результатов при выполнении лабораторной работы. Организуется в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Рекомендуется для оценки умений и навыков студентов.	Перечень лабораторных работ (раздел 3)
3.	Защита лабораторных (с отчетом)	Средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося понимать суть поставленной задачи, самостоятельно выбирать методы анализа, применять стандартные методы достижения поставленной задачи, проводить критический анализ полученных результатов, технически грамотно излагать результаты работы. Рекомендуется для оценки умений и владений студентов.	Перечень лабораторных работ. (раздел 3)
4.	Практическое задание	Средство проверки умений применять полученные знания с использованием определенных методик для решения задач или заданий по учебному модулю или дисциплине в целом. Рекомендуется для оценки умений студентов.	Перечень практических заданий (раздел 3)
<b><i>Промежуточная аттестация</i></b>			
5.	Дифференц. Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.	Комплект теоретических вопросов и практических заданий (билетов) к зачету (прил. 2.1)
6.	Экзамен	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.	Комплект теоретических вопросов и практических заданий (билетов) к экзамену (прил. 2.1)

**4.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, могут быть выбраны из:

- п. 7.5 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденного приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

- п. 2 Положения о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения по дисциплине, утвержденного приказом ректора № 42 от 04.02.2014 г.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

1. Гуляев В.В., Демченко О.Ф., Долженков Н.Н. Математическое моделирование при формировании облика летательного аппарата. Учебник для ВУЗов. М.: Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2009.

2. Е.С. Бенькович, Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков “Практическое моделирование динамических систем” - СПб.:БХВ-Петербург, 2012.

б) дополнительная литература:

Машиностроение. Энциклопедия/том 6 под ред. Бюшгенса .Энциклопедия/том 6 под ред. Бюшгенса

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

<b>№№</b>	<b>Наименование ресурса</b>	<b>Интернет-ссылка на ресурс</b>
1	Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ)	<a href="http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web">http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web</a>
2	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ ЭБС «Легендарные книги» ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
3	Электронная библиотечная система «Лань» ООО «Издательство Лань»	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
4	Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM» ООО «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
5	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО «РУНЭБ»	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6	Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
7	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
8	Система проверки на заимствования «РУКОНТ» ООО «Национальный цифровой ресурс «Руконт»	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>
9	НП НЭИКОН Некоммерческое партнерство «Национальный Электронно-	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>

№№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
	Информационный Консорциум»	
10	<b>Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив)</b> Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
11	<b>Международная система цитирования Web Of Science</b> Правообладатель - Thomson Reuters, с 03.10.2016 г. - Clarivate Analytics, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a>
12	<b>Международная система цитирования Scopus</b> Издательство Elsevier, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Обучение дисциплине проводится в форме аудиторных (лекции, практические занятия) и самостоятельных занятий. Цель аудиторных занятий – дать систематические знания по дисциплине и закрепить их с помощью и под контролем преподавателя во время практических занятий и лабораторных работ. Цель самостоятельной работы – получить более глубокие знания в ходе изучения литературы и других материалов по дисциплине, при выполнении домашних заданий и в процессе подготовки и оформления лабораторных работ.

**Лекции.** Опыт показывает, что студенты, слабо посещающие лекции, гораздо хуже разбираются в материале, испытывают затруднения при необходимости применить лекционный материал на практике, а на подготовку к экзаменам тратят гораздо больше времени. Следовательно, посещать лекции – в интересах студентов. Во время лекций полезно вести краткий конспект: во-первых, в работу включается моторная память, во-вторых, конспект даёт возможность быстро освежить материал, в-третьих, навык выбора и фиксации наиболее важных элементов лекции полезен, если профессия студента будет связана с созданием программных систем.

Лекция знакомит студента с новым учебным материалом, структурирует его представление о предмете, тем самым давая возможность эффективнее обогащать свои знания при самостоятельной работе. Лектор получает возможность поделиться опытом работы, который нередко невозможно получить другим путём: далеко не всё, что знает специалист, можно найти в литературе.

**Практические занятия.** Работа на практических занятиях проводится в достаточно свободной обстановке, когда студенты имеют возможность выбирать разные пути решения задачи. Прежде чем воспользоваться помощью преподавателя, студенты обсуждают задачу между собой, используя при этом имеющийся теоретический материал. Нужно иметь в виду, что, пропуская занятия, студент ставит себя в сложное положение, вплоть до срыва сессии.

**Подготовка к лекции.** В силу специфики дисциплины темы лекций редко бывают изолированными или короткими, объёмом в одно занятие. Обычно текущая лекция в значительной мере опирается на предыдущий материал, особенно на последнюю лекцию. Так что знакомство с ней даст возможность гораздо эффективнее работать на занятиях.

**Подготовка к практическим занятиям.** На практических занятиях от студента требуется активная работа, которая без подготовки практически невозможна. Нужно, помимо знакомства с теоретическим материалом, выполнить работы, заданные на дом, уточнить методы решения рассматриваемых задач.

**Подготовка к зачётам и экзаменам.** Если студент в течение семестра посещал лекции, работал на практических занятиях, правильно готовился к занятиям дома, зачёт или экзамен становится для него технической процедурой, в ходе которой он сможет показать свой уровень. В противном случае ему придётся поработать достаточно серьёзно. Допуск к экзаменам получают лишь те студенты, которые полностью выполнили все задания. Поэтому, если нет уверенности, что все задания будут сданы в срок, лучше обратиться на это внимание заранее.



### ***Методические рекомендации к заданиям***

При выполнении заданий необходимо определить: какими методами они решаются наиболее рациональным способом, просмотреть не только теоретический материал, но как решались аналогичные задания в ходе аудиторных занятий.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации. Для осуществления образовательного процесса по дисциплине применяются:

*Интернет-ресурсы:*

1. <http://www.samspace.ru/> - Официальный сайт ФГУП ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс"

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения чтения лекций используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером).

Для проведения практических (лабораторных) занятий используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером) .

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина Моделирование систем и процессов является частью Блока 1 Дисциплины дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.05.03 Испытание летательных аппаратов. Дисциплина реализуется на «Взлет» факультете «Московский авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедрой (кафедрами) А11.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ОПК-5 ,ОПК-7 ,ПСК-3.3.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: моделированием систем ЛА и задач динамики полета, а также случайных процессов, происходящих в системе "самолет-САУ-летчик"

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, мастер-класс, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой (6 семестр) ,Экзамен (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (48 часов), практические (16 часов), лабораторные (16 часов) занятия и (136 часов) самостоятельной работы студента.

**Вопросы к зачету**

1. Методологическая основа моделирования.
2. Определение моделирования.
3. Использование моделирования при исследовании и проектировании сложных систем.
4. Понятие о моделировании. Основные понятия и задачи моделирования процессов и систем.
5. Организация и методология моделирования сложных технических систем с учетом особенности структуры и функциональных задач. Основные требования к моделям. Этапы создания моделей.
6. Основные понятия о системах и процессах.
7. Системный подход в моделировании систем и процессов.
8. Подходы к исследованию систем.
9. Стадии разработки моделей.
10. Классификация моделей.
11. Сложные и большие системы. Классификация систем.
12. Экспериментальные исследования систем.
13. Характеристики моделей систем.
14. Цели моделирования систем.
15. Виды моделирования систем.
16. Процесс: физическое и математическое определения.
17. Численные методы при моделировании.
18. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
19. Интерполяция.
20. Аппроксимация.
21. Идентификация математических моделей
22. Критерии сходимости
23. Моделирование эффективности поражения.

### Вопросы к экзамену

1. Понятие о моделировании инженерных задач. Математическое моделирование как средство научного исследования.
2. Элементарные динамические звенья и их использование в моделировании ЛИ.
3. Классификация математических моделей.
4. Методы параметрической идентификации ММ ЛА.
5. Задачи и виды моделирования, применяемые при разработке и в испытаниях АК.
6. Авиационные тренажеры, УСП летных экипажей и АРМ инженера-испытателя.
7. Этапы разработки моделей.
8. Алгоритмы ММ управления (наведения).
9. Основные требования к модели, общая структура моделей в ЛИ.
10. Понятие системы. Основные определения.
11. Моделирование как основной способ интенсификации разработки и испытаний АТ.
12. Передаточные функции системы. Передаточные функции соединений звеньев.
13. Модели в пространстве состояния.
14. Основные требования к модели, общая структура моделей в ЛИ.
15. Передаточные функции системы. Передаточные функции соединений звеньев.
16. Элементарные динамические звенья и их использование в моделировании ЛИ.
17. Моделирование атмосферной турбулентности.
18. Преобразование п.ф. произвольного порядка к модели в ПС.
19. Алгоритмы моделирования атмосферной турбулентности.
20. Модель Драйдена атмосферной турбулентности.