



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ  
ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Ректор Ю.Ю. Михальчевский  
« 23 » ноября 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Моделирование систем и процессов**

Направление подготовки

**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей**

Профиль

**Поддержание летной годности**

Квалификация выпускника  
**бакалавр**

Форма обучения  
**заочная**

Санкт-Петербург  
2023

## **1 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» является:

- формирование знаний, умений и навыков для успешной профессиональной деятельности в области поддержания летной годности воздушных судов в части использования методических основ разработки моделей процессов и систем, необходимых для применения этих моделей в области авиационной техники и технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей.

Задачами освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» являются:

- овладение студентами построения моделей и изучение физической сущности понятий и процессов типа регулирование, планирование, руководство, оптимизация, целевое управление процессами, отражающими запросы практики в связи с углублённым изучением в гражданской авиации сложных явлений техногенного и технико-экономического характера;

- овладение основами построения моделей и принципами действия технических элементов этих моделей, методами обеспечения их построения и эффективного применения для изучения принципов функционирования;

- освоение навыков применения студентом средств и инструментов обеспечения изучения явлений производится с позиции анализа изучаемых объектов в виде совокупности или множества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов по схеме от верхнего уровня определения явления и до нижнего уровня по мере развёртывания цепочек взаимосвязей.

- изучение студентами основ классической теории управления и структуризации систем и методов, в которой достаточно четко разграничены различные понятия общей теории систем и конкретных авиационных объектов.

- освоение принципов распознавания многозначности толкований и структуризации вопросов «управления» по разделам и «рубрикам» задач при синтезе управляемых систем на основе методов декомпозиции и композиции структур моделей сложных систем и процессов, особенно в сфере гражданской авиации (на воздушном транспорте);

- изложение в свете последних достижений в сфере безопасности систем подходов и моделей рисков возникновения негативных явлений в теории систем и процессов, включая авиационное страхование на транспорте и в космической сфере.

Дисциплина «Моделирование систем и процессов» обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического и организационно-управленческого типа.

## **2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Моделирование систем и процессов» представляет собой дисциплину, относящуюся к Обязательной части Блока 1.

Дисциплина «Моделирование систем и процессов» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Физика».

Дисциплина «Моделирование систем и процессов» является обеспечивающей для Производственной (эксплуатационно-технологической) практики.

Дисциплина изучается в 5 семестре.

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

| Код компетенции / индикатора    | Результат обучения: наименование компетенции; индикаторы компетенции  |
|---------------------------------|---|
| ОПК-3                           | Способен применять теорию технической эксплуатации, основы конструкции и систем воздушных судов, электрических и электронных источников питания приборного оборудования и систем индикации воздушных судов, систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования |
| ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК3</sub> | Выбирает рациональные стратегии технического обслуживания воздушного судна.   |
| ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК3</sub> | Определяет техническое состояние авиационной техники в условиях эксплуатации.   |
| ИД <sup>3</sup> <sub>ОПК3</sub> | Оценивает техническое состояние авиационного оборудования.  |

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- способы построения математических моделей простейших систем и процессов в естествознании и технике с общих позиций и в области эксплуатации гражданской авиации, включая модели автоматов, используемых в авиации;
- основные понятия теории моделирования, типы моделей процессов и систем, основные требования, предъявляемые к разработке математических моделей по обеспечению точности и адекватности описания изучаемых систем и процессов;
- обобщенные (формализованные) математические модели процессов и систем на основе процедур отображения множества элементов «оригинала» в множество элементов «образа» наблюдаемого явления;
- классификацию моделей процессов и систем по признакам свойств функциональности, по назначению типовых систем обслуживания и ремонта и стендовых испытаний;
- принципы построения алгоритмов моделирования систем и процессов по критерию адекватности моделей и оригиналов в сфере гражданской авиации;

- знать и применять методы физико-математического анализа и корреляционных взаимосвязей процессов и элементов при различных оригиналах (табличные, технические описания и пр.);
- основные понятия и задачи моделирования процессов и систем с учетом основных теоретических и методологических проблем полунатурного и математического моделирования.

Уметь:

- проводить конкретные расчеты показателей качества и эффективности систем на основе методов математического анализа и других разделов высшей математики;
- составлять алгоритмы решения прикладных задач и осуществлять их реализацию на персональном компьютере с применением показателей адекватности или качества на основе принципов факторного анализа, составлять алгоритм цифрового моделирования;
- оценивать состояние прочности конструкций и отдельных ее деталей под воздействием известной силовой нагрузки при решении типовых профессиональных задач, таких, как перегрузки на ВС при посадке, разрушение компрессора ТРВД при попадании во входное сопло внешних предметов (птиц, пыли, камней, вулканического пепла и т.п.);
- определять и назначать класс моделей (математических или полунатурных) на основе доминантных признаков классификаторов в виде «функциональных моделей», типа «геометрических», кинематических, термодинамических, с признаками отказов - критических и типовых в соответствии с техническим описанием;
- применять градиентные методы оптимизации при параметрическом синтезе систем на множествах параметров с размерностью не менее 3-х;
- составлять инструкции по выполнению правил действий и технических ограничений на применение авиационной техники;
- составлять модели в классе систем ТМО с потоками событий типа Эрланга (2-го порядка) - с восстановлением.

Владеть:

- основными приемами обработки экспериментальных данных при проведении тестовых испытаний авиационной техники и при натурных испытаниях на основе результатов телеметрии;
- способами интерпретации результатов моделирования с использованием известных результатов из теории корреляционного аппарата, методов построения трендов процессов, теорий динамических систем и процессов управления элементами авиадвигателей и ВС как системы; основными понятиями и законами ньютоновской механики, методами параметрической оптимизации систем;
- принципами математического описания систем технического обслуживания и ремонт воздушных судов и двигателей в классе СМО;
- основами анализа физической природы сил и их систем, действующих на «оригиналы» типа механических объектов, воздушных судов, систем жизнеобеспечения, безопасности полетов, знать классификацию типов моделей систем и процессов и адекватный оригиналу математический аппарат;

- правилами проведения вычислительного эксперимента на простейшей математической модели и модели случайного процесса с использованием понятий корреляционной функции, спектральной плотности и белого шума с применением функций ф.р.в., ф.п.р.в.;
- опытом составления математического описания для простейших математических моделей объектов авиационной и космической техники в режимах взлета и посадки на штатной траектории и при баллистическом движении, для процессов колебаний маятников, включая процессы колебаний ВС по углу тангажа;
- основами чтения чертежей, деталей и конструкций авиационных систем, знать сущность процессов в множестве технических моделей, оценивать последствия (вредные) от неправильных действий операторов, владеть набором управляющих воздействий, владеть знанием технических стандартов.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 академических часов.

| Наименование                                    | Всего часов | Семестр |
|---|-------------|---------|
|   |             | 5       |
| Общая трудоемкость дисциплины                   | 180         | 180     |
| Контактная работа, всего                        | 12,5        | 12,5    |
| лекции  | 2           | 2       |
| практические занятия                            | 4           | 4       |
| семинары  | -           | -       |
| лабораторные работы                             | -           | -       |
| курсовой проект (работа)                        | 4           | 4       |
| Самостоятельная работа студента                 | 161         | 161     |
| Промежуточная аттестация                        | 9           | 9       |
| контактная работа                               | 2,5         | 2,5     |
| самостоятельная работа по подготовке к экзамену | 6,5         | 6,5     |

#### 5 Содержание дисциплины

| Темы дисциплины | Количество часов | Компетенция | Образовательные технологии | Оценочные средства |
|-----------------|------------------|-------------|----------------------------|--------------------|
|                 |                  |             |                            |                    |

|   |      |       |                            |                   |
|---|------|-------|----------------------------|-------------------|
|   |      | ОПК-3 |                            |                   |
| Тема 1. Характеристика системного подхода и системного моделирования. Применение моделей процессов и систем для решения задач авиационной и ракетно-космической техники. Решение задачи оптимизации систем на основе моделей оптимальности качества | 23,7 | +     | ВК, , ПЗ,<br>Л, ПЗ,<br>СРС | ВК,<br>УО         |
| Тема 2. Модели оригиналов систем и процессов, заданных в табличной форме с неопределенностью информации наблюдаемых объектах  | 23,7 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС, РКС         | УО                |
| Тема 3. Модели процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники в виде систем массового обслуживания   | 27,7 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС, РКС         | УО, РЗ,<br>КР, СЗ |
| Тема 4. Общие динамические и колебательные модели аналитического и алгоритмического типа  | 23,7 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС,<br>РКС      | УО, РЗ,<br>СЗ     |
| Тема 5. Автоматные модели систем и процессов  | 23,7 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС,<br>РКС      | УО, СЗ            |
| Тема 6. Общие схемы построения моделей управляемых комплексов и систем  | 23,7 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС,<br>РКС      | УО,<br>РЗ,СЗ      |
| Тема 7. Определения и трактовка концепции риска по ИКАО при оценивании безопасности авиационной деятельности.   | 24,8 | +     | Л, ПЗ,<br>СРС,<br>РКС      | УО, РЗ,<br>СЗ     |
| Итого по дисциплине   | 171  |       |                            |                   |
| Промежуточная аттестация  | 9    |       |                            | Э                 |
| Всего по дисциплине   | 180  |       |                            |                   |

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, КР – курсовая работа, ВК – входной контроль, УО – устный опрос, РЗ – расчетная задача, СЗ – ситуационная задача,

## 5.2 Темы дисциплины и виды занятий

| Наименование темы дисциплины  | Л   | ПЗ  | С | ЛР | СРС | КР | Всего часов |
|---|-----|-----|---|----|-----|----|-------------|
| Тема 1. Характеристика системного подхода и системного моделирования. Применение моделей процессов и систем для решения задач авиационной и ракетно-космической техники. Решение задачи оптимизации систем на основе моделей оптимальности качества | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | -  | 23,7        |
| Тема 2. Модели оригиналов систем и процессов, заданных в табличной форме с неопределенностью информации наблюдаемых объектах  | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | -  | 23,7        |
| Тема 3. Модели процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники в виде систем массового обслуживания   | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | 4  | 27,7        |
| Тема 4. Общие динамические и колебательные модели аналитического и алгоритмического типа  | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | -  | 23,7        |
| Тема 5. Автоматные модели систем и процессов  | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | -  | 23,7        |
| Тема 6. Общие схемы построения моделей управляемых комплексов и систем  | 0,2 | 0,5 | - | -  | 23  | -  | 23,7        |
| Тема 7. Определения и трактовка концепции риска по ИКАО при оценивании безопасности авиационной деятельности.   | 0,8 | 1   | - | -  | 23  | -  | 24,8        |
| Итого по дисциплине   | 2   | 4   | - | -  | 161 | 4  | 171         |
| Промежуточная аттестация  |     |     |   |    |     |    | 9           |

| Наименование темы дисциплины | Л | ПЗ | С | ЛР | СРС | КР | Всего часов |
|------------------------------|---|----|---|----|-----|----|-------------|
| Всего по дисциплине          |   |    |   |    |     |    | 180         |

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, С – семинар, ЛР – лабораторная работа, КР – курсовая работа.

### 5.3 Содержание дисциплины

#### **Тема 1. Характеристика системного подхода и системного моделирования. Применение моделей процессов и систем для решения задач по оптимизации систем авиационной и ракетно-космической техники.**

Понятия оригинала и модели. Примеры моделей типовых процессов в авиационных и общетехнических комплексах. Этапы моделирования.

Классификация моделей. Задачи этапов моделирования.

Элементы математической модели. Вычислительный эксперимент. Понятие об адекватности математической модели по поведению реального объекта (терминала).

Классы задач в общей теории систем (ОТС). Изоморфные и гомоморфные модели.

Обобщенные математические модели процессов и систем.

Алгоритмы видов и способов моделирования систем и процессов.

Модели как образы–заменители систем. Симулякры - особый класс моделей. Общая классификация моделей по функциональным признакам оригинала.

Принципы построения в теории ОТС процедур отображения системы (оригинала) в модели (в образы). Схемы взаимного поэлементного отображения систем. Общая трактовка модели как четкого преобразователя «входа» в «выходы», в частности на «ВС – экипаж» по форме.

#### **Тема 2. Модели оригиналов систем и процессов, заданных в табличной форме с неопределенностью информации наблюдаемых объектах**

Постановка задачи и принципы построения модели системы с учетом неопределенности информации о свойствах «оригинала». Процедуры обработки многомерных таблиц с информацией об «оригиналах».

Корреляционные модели процессов (оригиналов) при неопределенности информации входных и выходных данных систем. Принцип определения возможных зависимостей, случайных величин, заданных в табличной форме.

Схема математической обработки многомерных таблиц с информацией об оригиналах для нахождения «плеяд функций корреляции». Общая постановка задачи анализа неопределенной взаимосвязи табличных величин.

Определение корреляционной модели для выявления зависимости переменных в «табличном оригинале». Физический смысл правила проверки корреляционной зависимости величин, характеризующих табличный оригинал.

Регрессионная модель процесса на основе табличных данных об оригинале (объекте). Оценивание тренда «Пиля» показателей БПВС по ИКАО.



### **Тема 3. Модели процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники в виде систем массового обслуживания**

Задача построения модели процессов и систем ремонта и обслуживания авиационной техники на примере оригинала.

Общая характеристика модели системы ТОиР в классе СМО. Задача построения модели системы ТОиР по типам СМО. Схема отображения элементов оригинала в модель СМО.

Способ описания СМО типа «системы обслуживания автомобиля» на основе понятий дискретных состояний. Общая характеристика СМО.

Пример модели системы СМО для оригинала типа сервисного центра для ремонта вертолетов. Построение диаграмм входящих и выходящих потоков событий в модели СМО для СЦ в зависимости от времени ремонта вертолетов.

### **Тема 4. Общие динамические и колебательные модели аналитического и алгоритмического типа**

Динамические модели типов S и P (систем и процессов).

Общее определение динамических процессов. Линейные и нелинейные динамические модели систем в форме дифференциальных уравнений. Однорежимные неагрегатные модели. Динамическая агрегатная модель. Линейная динамическая модель.

Свободное движение динамической системы. Несвободное движение «дрейфующей» системы. Определение управляемых систем в классе динамических систем.

Определение природы и параметров колебательных процессов и систем. Виды колебательных процессов (графиков). Задачи построения динамических моделей для колебательных процессов.

Ньютоновская форма записи линейных уравнений для модели колебаний.

Нелинейные модели ньютоновских колебаний в нормальной форме записи.

Разработка модели динамического процесса для оригинала в виде процесса колебаний лопатки ГТД. Упрощенная модель процесса колебаний лопатки в форме осциллятора, собственные частоты колебаний.

### **Тема 5. Автоматные модели систем и процессов**

Основные определения и задачи моделирования.

Определение (формула) модели автомата. Алфавиты в автоматах. Коды слов из алфавитов. Коды в двоичной системе счисления. Определение кодов для слов алфавитов. Физическое моделирование процессов формирования кодов – слов из алфавитов.

### **Тема 6. Общие схемы построения моделей управляемых комплексов и систем**

Определения и классификация управляемых систем. Общие определения. Пример управляемой системы. Виды и классы управляемых систем. Принцип обратной связи при управлении и саморегулировании. Виды обратных связей. Общесистемные модели управляемых комплексов. Постулаты теории управления.

Основные постулаты ОТС и ТУС.

Модель оценки влияния динамики движения самолета в неспокойной атмосфере на комфортность состояния пассажиров (транспортная задача). Общая схема разработки моделей динамики полета ВС. Описание случайных возмущений для включения в модели движения ВС.

Модели динамики движения ВС как образ заданной транспортной задачи. Основные допущения при построении образа транспортной задачи. Модели динамики полета ВС в продольной плоскости. Законы автопилотирования.

**Тема 7. Определения и трактовка концепции риска по ИКАО при оценивании безопасности авиационной деятельности. Универсальный алгоритм NASA для оценивания безопасности деятельности поставщиков услуг**

Методические положения системы управления рискам по ИКАО.

Авиационное страхование возможных финансовых потерь и ущербов при прогнозируемых авиакатастрофах и авиационных происшествиях. Анализ состояния и методов решения проблем авиационного страхования на основе рискованных событий в финансовом менеджменте.

#### 5.4 Практические занятия

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий   | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1                     | Практическое занятие №1. Построение модели и её идентификация. Определение алгоритмов и способов моделирования систем и процессов. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.<br>Практическое занятие №2. Обработка многомерных таблиц с информацией об «оригиналах». Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.<br>Практическое занятие №3. Процедуры отображения системы (оригинала) в модели. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. | 0,5                 |
| 2                     | Практическое занятие №4. Построение моделей процессов ремонта и обслуживания авиационной техники. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.<br>Практическое занятие №5. Построение диаграмм входящих и выходящих потоков событий в модели СМО для СЦ. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.   | 0,5                 |
| 3                     | Практическое занятие №6. Составление графов смены дискретных состояний системы. Определение длительностей фаз обслуживания. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.<br>Практическое занятие №7. Статистические оценки  | 0,5                 |

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий   | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
|                       | разбросов длительностей обслуживания изделий.<br>Составление инструкций для новой модели ТО и Р.<br>Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. КР   |                     |
| 4                     | Практическое занятие №8. Определение параметров колебательных процессов и систем. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.<br>Практическое занятие №9. Разработка модели динамического процесса для оригинала в виде процесса колебания лопатки ГТД. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач. | 0,5                 |
| 5                     | Практическое занятие № 10. Моделирование процессов формирования кодов - слов из алфавитов<br>Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.   | 0,5                 |
| 6                     | Практическое занятие № 11. Построение модели динамики движения ВС для численного интегрирования дифференциальных уравнений движения ВС.<br>Применение метода динамического моделирования вместо метода Монте-Карло. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.  | 0,5                 |
| 7                     | Практическое занятие № 12. Модели авиационных рисков по ИКАО на примере анализа и страхования ущерба от авиакатастроф. Подготовка к решению расчётных и ситуационных задач.   | 1                   |
| Итого по дисциплине   |   | 4                   |

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6 Самостоятельная работа

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы   | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1                     | Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).<br>Изучение теоретического материала: оригинал и модель. Классификация моделей. принципы построения в теории ОТС процедур отображения системы в модели. | 23                  |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы  | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|--|---------------------|
|                       | <p>Задачи моделирования</p> <p>Задача оптимизации систем на основе моделей оптимальности качества</p> <p>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1,2, 3, 4]</p> <p>Подготовка к устному опросу.</p>  |                     |
| 2                     | <p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).</p> <p>Корреляционные модели. Регрессивные модели.</p> <p>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 2, 4]. Подготовка к устному опросу.</p>  | 23                  |
| 3                     | <p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).</p> <p>Изучение теоретического материала: выбор типа модели для описания свойств оригинала ТООР в классе СМО.</p> <p>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 4]</p> <p>Подготовка к устному опросу.</p> <p>Подготовка к докладу. Выполнение курсовой работы. Подготовка к решению расчетных и ситуационных задач</p>     | 23                  |
| 4                     | <p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).</p> <p>Изучение теоретического материала: динамические модели. Линейные и нелинейные модели. Колебательные процессы и системы.</p> <p>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 2, 4]</p> <p>Подготовка к устному опросу.</p> <p>Подготовка к докладу. Подготовка к решению расчетных и ситуационных задач</p>             | 23                  |
| 5                     | <p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).</p> <p>Изучение теоретического материала: автоматные модели систем и процессов. Коды в двоичной системе счисления.</p> <p>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 4]</p> <p>Подготовка к устному опросу.</p> <p>Подготовка к выполнению индивидуального задания. Подготовка к решению расчетных и ситуационных задач</p> | 23                  |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы  | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|--|---------------------|
| 6                     | Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).<br>Изучение теоретического материала: управляемые комплексы и системы. Модели оценки и первичные исходные данные для численного моделирования.<br>Конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 2, 4]. Подготовка к устному опросу. Подготовка к решению расчетных и ситуационных задач | 23                  |
| 7                     | Модели авиационных рисков по ИКАО на примере анализа и страхования ущерба от авиакатастроф по факторам возникновения отказов двигателей или узлов АТ. Подготовка к решению расчетных и ситуационных задач  | 23                  |
| Итого по дисциплине   |  | 161                 |

### 5.7 Курсовые работы

| Наименование этапа выполнения курсовой работы (проекта) | Трудоемкость (час) |
|---|--------------------|
| Этап 1. Выдача задания на курсовой проект               | 0,5                |
| Этап 2. Выполнение раздела 1 (теоретическая часть)      | 0,5                |
| Этап 3. Выполнение раздела 2 (расчетная часть)          | 1                  |
| Этап 4. Выполнение раздела 3 (прикладная часть)         | 1                  |
| Этап 5. Оформление курсовой работы                      | 0,5                |
| Защита курсовой работы                                  | 0,5                |
| Итого: контактная работа по курсовой работе             | 4                  |

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

1. Куклев Е.А., Смуров М.Ю., Байрамов А.Б. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие. СПбГУ ГА. 2015. - с 167. – ISBN отсутствует. Количество экземпляров – 200.

2. Куклев Е.А., Байрамов А.Б., Ефимова Е.В. Моделирование систем и процессов: Методические указания по выполнению курсовых работ. СПбГУ ГА. 2023. Количество экземпляров – 100.

3. Васильев В.И., Свириденко А.И., Иванюк В.А. Моделирование систем гражданской авиации. М.: КНОРУС, 2010.- с 608. ISBN отсутствует. Количество экземпляров -75.

4. Кубланов М. С. Планирование экспериментов и обработка результатов. Учебно-методическое пособие. – М.:МГТУ ГА, 1998. – с 125. Режим доступа: URL: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения 10.12.2017)

5. Куклев Е. А., Байрамов А. Б. Моделирование систем и процессов: Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / СПб ГУГА. СПб, 2011. – с 35. ISBN отсутствует. Количество экземпляров – 200.

б) дополнительная литература:

6. Коваленко Г.В., Микенелов А.Л., Чепига В.Е. Летная эксплуатация: Учебное пособие для вузов ГА. М.: Машиностроение, 2007. – с 440. ISBN отсутствует. Количество экземпляров -359.

7. Ефимов М.Г., Ципенко В.Г. Основы аэродинамики и летно-технические характеристики воздушных судов: Учебное пособие. Ч. 1./МГТУ ГА. М.: 2009. – с 140. . Режим доступа: URL: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения 10.12.2017)

8. Куклев Е.А.Методы автоматического моделирования систем : Тексты лекций / Е. А. Куклев. - СПб. : АГА, 1998. - 116с. ISBN отсутствует. Количество экземпляров – 70.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> свободный.
2. **Библиотека СПбГУ ГА** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/> , свободный (дата обращения 20.01.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- 1) **Гарант** [Электронный ресурс] официальный сайт компании Гарант. - Режим доступа: <http://www.aero.garant.ru> , свободный (дата обращения 20.01.2021)
- 2) **КонсультантПлюс**. Официальный сайт компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> свободный (дата обращения 20.01.2021).

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Наименование дисциплины                 | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|--|---|---|
| <p>Моделирование систем и процессов</p> | <p>Лекционная аудитория № 502</p> <p>Компьютерный класс аудитория № 505</p> <p>Лабораторные установки для выполнения ЛР № 504а</p> <p>Демонстрационные приборы аудитория № 501</p> | <p>Компьютер в комплекте (системный блок RAMEC, модель STORM +ЖК монитор LG 19)-4 шт. Компьютер R-Style CARBON VT 67- 1шт.</p> <p>Ноутбук Lenovo 330-15IKB-1 шт.</p> <p>Ноутбук BenQ Joybook R56-R42 15,4”-1 шт.</p> <p>Ноутбук HP 630-1 шт.</p> <p>Ноутбук HP Laptop 15-rb070ur-2шт.</p> <p>Компьютер настольный (моноблок) GNA.GROUP (23.1”IPS/AMD 9600/8GB)-1шт.</p> <p>Многофункциональный аппарат“XEROX” WC 3119</p> <p>Цифровая видеокамера Canon HG20 AVCHD HDD 60 Gb 12*Zoom F1</p> <p>Экран Cactus CS-PSW-149*265</p> <p>Экран стационарный Proecta Pro Star Matte White</p> <p>Проектор потолочный Casio XJ-210 WN</p> <p>Монитор 17” LG</p> <p>Принтер HP Laserjet P2055dn</p> <p>Принтер Canon LBP1120</p> <p>Сканер HP Scanner 4370</p> <p>Проектор Mitsubishi XD 490 U</p> <p>Проектор Acer X1261 P</p> <p>Экран Lumien Picture Mate 152 см</p> <p>Лабораторные установки для выполнения ЛР: НТЦ-13.01.1 ПС, НТЦ-13.01.16ПС,НТС-13.01.11 ПС</p> | <p>Microsoft Windows 7 Professional</p> <p>Microsoft Windows Office Professional Plus 2007</p> <p>Acrobat Professional 9 Windows International</p> <p>Kaspersky Anti-Virus Suite для WKS и FS</p> |

| Наименование дисциплины | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|-------------------------|---|--|---|
|                         |   | НТС-13.01.12.ПС.<br>Демонстрационные приборы:<br>- модель зубчатого механизма с неподвижными осями колёс для демонстрации вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси;<br>- модель планетарного механизма для демонстрации сложного движения твёрдого тела;<br>- модель кривошипно – ползунного механизма для демонстрации поступательного движения, вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси и плоского движения тела. |   |

## 8. Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии:

Входной контроль предназначен для выявления уровня усвоения компетенций обучающимся, необходимых перед изучением дисциплины. Входной контроль осуществляется в форме устного опроса по вопросам дисциплин «Высшая математика» и «Физика», на которых базируется читаемая дисциплина.

Традиционная лекция: традиционные информационно-развивающие технологии в сочетании с мультимедийным сопровождением лекции, направленные на формирование системы знаний у студентов по заданной дисциплине.

Практические занятия: изучение нового материала на основе примеров практических задач по профилю дисциплины с целью углубления и закрепления у студентов знаний, полученных на лекциях, формирование системы умений, обеспечивающих возможность качественного (с использованием экспериментов) выполнения профессиональной деятельности с применением интерактивных технологий.

Курсовая работа предназначена для освоения практических методов, структур алгоритмов процедур выполнения расчетов параметров динамических процессов в исследуемых системах.



В качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации, используемый на практических занятиях и заключающийся в постановке перед студентами расчётных и ситуационных задач с целью достижения планируемых результатов в части умения анализировать процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов и авиационных двигателей с точки зрения диагностических признаков, владения методами организации проведения измерений и инструментального контроля при осуществлении диагностирования и определения технического состояния авиационной техники.

Самостоятельная работа: самостоятельное изучение теоретического материала с использованием учебной литературы, Internet – ресурсов, опережающая самостоятельная работа.

Экзамен: заключительный контроль, оценивающий уровень итогового освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

### **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Моделирование систем и процессов» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний студентов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме экзамена в пятом семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает вопросы для устных опросов

Устный опрос проводится на практических занятиях в течение не более 10 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся. Контроль выполнения задания, выдаваемого на самостоятельную работу, преследует собой цель своевременного выявления плохо усвоенного материала дисциплины для последующей корректировки или организации обязательной консультации.

Расчетные задачи, ситуационные задачи, контрольная работа носят практико-ориентированный характер, используются в рамках практической подготовки с целью оценки формирования, закрепления, развития практических навыков.

Оценивание курсовой работы показано в таблице, приведенной ниже:

| Наименование этапа выполнения курсовой работы   | Шкала оценивания |
|---|------------------|
| Этап 1. Выдача задания на курсовую работу «Построение модуля линейных колебаний лопатки | Без оценивания–  |

| Наименование этапа выполнения курсовой работы   | Шкала оценивания  |
|---|---|
| <p>компрессора ТВД заданного типа на основе результатов интегрирования линейных обыкновенных дифференциальных уравнений при учете реальной формы лопатки и узлов крепления на диске компрессора».</p> <p><i>Указание:</i> получить осциллограммы переходных процессов с помощью программируемого пакета MAPLE (на каф. механики).</p> |   |
| <p>Этап 2. Выполнение теоретической части</p>   | <p>Оценка за выполнение КУР и представление результатов:</p> <p>а) «Отлично»- полное завершение</p> <p>б) «Хорошо»- выполнение КУР без инструкции</p> <p>в) «Удовлетворительно»-при представлении КУР с нарушением сроков представления</p> <p>г) «Неудовлетворительно»- описание модели очень краткое и схематичное, является повтором (совпадением) исходной инструкции, не соответствует этапам процедур в новой модели ТО и Р</p> |
| <p>Этап 3. Выполнение расчета по оценке реакций узла крепления консоли крыла с фюзеляжем</p>  |   |
| <p>Этап 4. Выполнение прикладной части</p>  |   |
| <p>Этап 5. Оформление курсовой работы. Составление инструкции для ТОиР на основе новой модели из КУР</p>  |   |
| <p>Своевременность выполнения курсовой работы, представление инструкции</p>   | <p>а) «Отлично»</p> <p>б) «Хорошо»</p> <p>в) «Удовлетворительно»</p> <p>в) «Неудовлетворительно»</p> <p>оценивается по шкале оценки результатов этапа 3</p>   |
| <p>Защита курсовой работы</p>   | <p>«Отлично»- правильно выполнена расчетная часть, диаграммы и графы смены дискретных состояний, сформулированы выводы и заключения.</p> <p>«Хорошо»- сделаны правильные и полные выводы;</p>   |

| Наименование этапа выполнения курсовой работы | Шкала оценивания  |
|---|---|
|   | <p>ответы на вопросы четкие, ясные и полные, правильное оформление курсовой работы.</p> <p>«Удовлетворительно» - при представлении КУР с нарушением сроков представления.</p> <p>«Неудовлетворительно» - неполное выполнение задания, полностью неправильные ответы на вопросы членов комиссии.</p> |

#### Защита курсовой работы

Оценивается на «отлично», если студент демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

Оценивается на «хорошо», если студент демонстрирует достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускает в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценивается на «удовлетворительно», если студент демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения, либо устранения допущенных погрешностей под руководством преподавателя.

Оценивается на «неудовлетворительно», если студент демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выпол-

нении, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения, либо устранения допущенных погрешностей под руководством преподавателя.

Если обучающийся за защиту курсовой работы получил «неудовлетворительно», то курсовая работа подлежит повторной защите в установленном СПбГУ ГА порядке.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» проводится в пятом семестре в форме экзамена. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины. Экзамен предполагает устный ответ на теоретические вопросы из перечня вопросов и решение практических задач. Методика формирования результирующей оценки в обязательном порядке учитывает активность студентов на занятиях, посещаемость занятий, оценки за практические работы, выполнение индивидуальных заданий.

### **9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов**

Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов не применяется.

### **9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Расчетные и ситуационные задачи:

«зачтено»: задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в период подготовки к экзаменационной сессии 5 семестра обучения. Во время подготовки студент могут пользоваться материальным обеспечением зачета, перечень которого утверждается заведующим кафедрой.

Экзамен проводится в объеме материала рабочей программы дисциплины (модуля), изученного студентами в 5 семестре, по вопросам в устной форме. Перечень вопросов, выносимых на экзамен, обсуждаются на заседании кафедры и

утверждаются заведующим кафедрой. Предварительное ознакомление студентов с вопросами допускается.

В итоге проведенного экзамена студенту выставляется оценка.

Проведение устного опроса на экзамене:

-оценивается на «отлично», если обучающийся четко и ясно, по существу дает ответ на поставленные вопросы;

-оценивается на «хорошо», если обучающийся не сразу дал верные ответы, но смог дать их правильно при помощи ответов на наводящие вопросы;

-оценивается на «удовлетворительно», если неполно раскрыта тема;

-оценивается на «неудовлетворительно», если обучающийся не способен ответить самостоятельно на вопросы.

### 9.3 Темы курсовых работ по дисциплине

Перечень и темы КУР по дисциплине «Моделирование систем и процессов»

#### а) Динамические модели

1 Построение модуля линейных колебаний лопатки компрессора ТВД заданного типа на основе результатов интегрирования линейных обыкновенных дифференциальных уравнений при учете реальной формы лопатки и узлов крепления на диске компрессора.

*Указание:* получить осциллограммы переходных процессов с помощью программируемого пакета MAPLE (на кафедре механики).

2 Идентификация параметров аварийных движений ВС типа «АЭРБАС» и «БОИНГ» в продольной плоскости в известных катастрофических событиях, в период 2005 – 2015 г.г. на основе методов обработки таблиц ИКАО.

*Указание:* Информацию о происшествиях рекомендуется находить в интернете на официальных сайтах с указанием первоисточников, использовать алгоритмы обработки моделирования и динамической интерпретации процессов.

3 Определение функций трендов, характеризующих тенденции влияния состояния надежности ВС на показатели безопасности полетов в заданных регионах авиационной деятельности.

4 Разработка алгоритма определения параметров колебаний в заданных табличных оригиналах на примерах воздействия характеристик внешней среды на динамику полета ВС в зоне принятия решений КВС (метеосостояние, готовность ВПП, к совершению посадки, состояния технических систем ВС и т.д.)

*Указание:* Использовать рекомендации из главы 5 учебного пособия ГУГА по МСП, воспользоваться рекомендациями выпускающей кафедры ГУГА при подборе исходных данных.

#### б) Модели оптимизации систем и процессов.

5 Модель TO и P на основе теории СМО. Оптимизация тарифов на воздушные перевозки при заданных законах падения спроса на воздушные перевозки с учетом региональных условий.

Вариант №5.1 Аналитическая аппроксимация «закона спроса» по формуле «Косинуса» (Из пособия МСП – СПб ГУГА, 2015 г.)

Вариант № 5.2 Принимается закон спроса по ИКАО (из Интернет-ресурсов)  
 6 Модель ТО и Р на основе теории СМО. Разработка инструкции по ТО и Р  
 для заданной модели.

#### 9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

Вопросы для проведения входного контроля:

1. Основные понятия теории вероятностей.
2. Математическая статистика. Корреляция 2-х неопределенных (случайных) процессов.
3. Понятие нормального закона распределения разбросов случайных величин.
4. Функции регрессии для случайного процесса.
5. Тренды.
6. Решение дифференциальных уравнений 1 и 2-го порядка.
  - а) Колебательные системы. Амплитуда колебаний. Частота колебаний.
  - б) Динамика. Законы динамики Ньютона.
  - в) Дифференциальные уравнение движения материальной точки под действием сил.
  - г) Обработка экспериментальных данных.

#### 9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций   | Критерии оценивания  |
|-------------|---|--|
| I этап      |   |  |
| ОПК-3       | ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК3</sub><br>ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК3</sub><br>ИД <sup>3</sup> <sub>ОПК3</sub> | Знает: <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и методы мат. анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, способы построения математических моделей простейших систем и процессов в естествознании и технике с общих позиций и в области эксплуатации гражданской авиации, включая модели автоматов;</li> <li>- основные понятия теории моделирования, типы моделей процессов и систем, основные требования, предъявляемые к разработке математи-</li> </ul> |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций  | Критерии оценивания   |
|-------------|--|---|
|             |  | <p>ческих моделей по обеспечению точности и адекватности описания изучаемых систем и процессов;</p> <p>обобщенные математические модели процессов и систем;</p> <p>-знает классификации моделей процессов и систем по признакам свойств функциональности, по назначению типовых систем обслуживания и ремонта и стендовых испытаний;</p> <p>-знает принципы построения алгоритмов моделирования процессов.</p> <p>Умеет:</p> <p>- проводить расчеты показателей качества и эффективности систем на основе методов математического анализа и других разделов высшей математики.</p> <p>- составлять алгоритмы решения прикладных задач и осуществлять их реализацию на персональном компьютере с применением показателей адекватности или качества на основе принципов факторного анализа.</p> |
| II этап     |  |   |
| ОПК-3       | <p>ИД<sup>1</sup><sub>ОПК3</sub></p> <p>ИД<sup>2</sup><sub>ОПК3</sub></p> <p>ИД<sup>3</sup><sub>ОПК3</sub></p> | <p>Умеет:</p> <p>- рассчитывать перегрузки на ВС при посадке, разрушение компрессора ТРВД при попадании во входное сопло внешних предметов (птиц, пыли, камней, вулканического пепла и т.п.);</p> <p>-проводить расчеты показателей качества и эффективности систем на основе методов математического анализа и других разделов высшей математики;</p> <p>- составлять дифференциальные (линейные) уравнения динамических процессов при эксплуатации конкретных технических (авиационных систем) и их модулей и узлов (уравнения колебаний, вибраций в узлах редукторов, в камерах сгорания и т.п.);</p>  |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания  |
|-------------|---|--|
|             |   | <p>-применять градиентные методы оптимизации при параметрическом синтезе систем на множествах с размерностью более 3-х;</p> <p>- составлять алгоритм цифрового моделирования систем на основе дифференциальных уравнений и задавать алгоритм работы компьютерной программы.</p> <p>Владеет:</p> <p>-основными приемами обработки экспериментальных данных при проведении тестовых испытаний авиационной техники и при натурных испытаниях на основе результатов телеметрии;</p> <p>-способами интерпретации результатов моделирования с использованием известных результатов из теории корреляционного аппарата, методов построения трендов процессов, теорий динамических систем и процессов управления элементами авиадвигателей и ВС как системы; основными понятиями и законами ньютоновской механики.</p> |

### 9.5.1 Описание шкал оценивания

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно выполняет практические задания, дает обоснованную оценку итогам суждений.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в выполнении практического задания некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи. Обучающийся решает практические задания верно.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными



знаниями в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Практические задания выполнены не полностью, или содержатся незначительные ошибки в суждении.

*«Неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает принципиальные ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и при выполнении практических заданий.

## **9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **9.6.1 Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости**

#### **Тема 1. Характеристика системного подхода и системного моделирования**

1. Типы моделей процессов. Типы систем. Классификация моделей. Различия модели и симулякра.
2. Понятие (Определение) «оригинала» и «образа».
3. Общая формула «схема» отображения функциональных элементов системы «оригинала» в образа (в модель).
4. Определения системы. Основные понятия и задачи моделирования систем и процессов.

#### **Тема 2. Применение моделей процессов и систем для решения задач авиационной и ракетно-космической техники. Решение задач оптимизации систем на основе моделей оптимального качества**

1. Алгоритм оптимизации систем и схема решения задачи поиска оптимальных параметров. Общие положения.
2. Условия корректной постановки задачи оптимизации.
3. Алгоритмы и расчетные процедуры оптимизации Вариационное исчисление. Параметрическая оптимизация. Пример оптимизации авиационных перевозок по критерию максимума прибыли в зависимости от цены билета.
4. Оптимизация в транспортной задаче с показателем наполняемости кресел, зависящего от тарифа с падением по закону косинуса.

#### **Тема 3. Модели оригиналов систем и процессов, заданных в табличной форме с неопределенностью информации о наблюдаемых объектах**

1. Корреляционные модели парных процессов для табличных оригиналов.
2. Общая схема определения корреляционной зависимости значений наблюдаемых процессов.
3. Общая постановка задачи идентификации систем.

#### **Тема 4. Модели процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники в виде систем массового обслуживания**

1. Расшифровка определения СМО, ТМО.
2. Модель СМО для ремонта автомобиля.
3. Модель СМО в центрах типа «СПАРК».

## **Тема 5. Общие динамические и колебательные модели аналитического и алгоритмического типа**

1. Определение модели колебательности динамического процесса.
2. Формулы для устойчивых колебательных процессов.

Зависимость частоты, периода, гармоничных колебаний в системах управления процессом.

3. Динамический колебательный процесс в форме линейного дифференциального уравнения.

## **Тема 6. Модели оценки и первичные исходные данные для численного моделирования**

1. Физические основы и динамические модули процесса, упрощенного колебаний лопасти компрессора двигателя ТРВД.

2. Структурные модели и их классификация. Изоморфные и геоморфные модели.

3. Алгоритмы моделирования процессов. Определение видов и способов моделирования систем и процессов.

## **Тема 7. Модели авиационных рисков по ИКАО на примере анализа и страхования ущерба от авиакатастроф по факторам возникновения отказов авиадвигателей или узлов АТ.**

1. Анализ страхования рисков по ИКАО.

### **9.6.2 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

#### **Типовые расчетные задачи для проведения текущего контроля**

1. Виды моделей как категорий.
2. Особенности неопределенности типа «случайности» явлений.
3. Условия корректной постановки задачи оптимизации.

#### **Типовые ситуационные задачи для проведения текущего контроля**

##### **Задача №1**

Определение усилий динамических биений вала компрессора при попадании внешних предметов через сопло двигателя при оборотах (на стоянке) до 2000об/мин при массе передней секции ротора до 10кг и при массе предмета до 2 кг (попадание птиц в двигатель). Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

#### **Типовые расчетные задачи для проведения промежуточной аттестации**

1. Общие положения и постановка задачи в схеме решения вопросов оптимизации систем на основе моделей оптимальности качества
2. Условия корректной постановки задачи оптимизации
3. Алгоритмы и расчетные процедуры оптимизации

4. Пример оптимизации авиационных перевозок по критерию максимума прибыли в зависимости от цены билета

5. Постановка задач оптимизация в задаче при условии наполняемости кресел в зависимости от тарифа по закону косинуса

6. Критерий оптимальности (качества работы авиакомпании) по обеспечению максимальной прибыли при условиях:

- Критерии оптимизации в виде показателя качества системы и свойств этого показателя (extr, min, max и т.п.), например, в форме (2.2);

- Алгоритмы и расчетные схемы для оценки показателя качества и проверки оптимальности;

- Определение показателя качества и свойств системы при изменении аргументов, влияющих на изменение значения показателя качества

Модели оптимальности систем 2-х типов: параметрические (тип 1) и вариационные (тип 2).

7. Условия корректной постановки задачи оптимизации

8. В форме описания как «оригинал», но только так, что может быть вычислен показатель  $K_{\Sigma}$  качества системы в виде функции некоторых аргументов системы.

9. При параметрической оптимизации – эти аргументы есть величины, например скаляры, в виде набора,

10. Задан функционал качества  $J$  как интегральный показатель качества в виде функции от аргументов  $k$  или  $f(z)$  с оговоренными экстремальными свойствами (extr, min, max) и зависящий от значений выхода

11. Оптимизация на основе вариационного исчисления вариационный метод оптимизации.

12. Алгоритмы и расчетные процедуры оптимизации

13. Параметрическая оптимизация (ГРАДИЕНТ) на численных методах и алгоритмах подбора конструктивного вектора  $k_*$  при пошаговом переборе значений этого вектора

14. «Наискорейшего спуска» или «подъема» .

15. Постановка задач. в примере параметрической оптимизации авиационных перевозок по критерию максимума прибыли в зависимости от цены

билета постановка задач (BC) - самолет типа ТУ-154, число кресел в салоне  $n_0 = 160$ .

## 16. Схема и алгоритм. выявления зависимости (корреляционной) 2-х взаимосвязанных случайных величин.

Исходные позиции. постановка задачи. Оригинал имеются результаты наблюдений значений двух величин  $X$  и  $Y$ :

17. Главное условие задачи:  $X$  и  $Y$  наблюдаются парами значений

Множества  $X$  и  $Y$  задаются в виде:

18. Главное условие совместного наблюдения - в виде:

$x_i$  и  $y_i$  упорядочены по номерам и рассматриваются парами  $P_i = (x_i, y_i)$ .

Пары  $P_i$  и составляют множество  $M_{xy}$  пар всех наблюдений:

19. Формальная постановка задачи. Задана таблица случайных величин ( $x_i, y_i$ ), которые рассматриваются вместе в виде попарных соответствий

20. Базовые положения водится коэффициент корреляции  $K_{xy}$ , являющийся функцией от множества  $M_{xy}$  условия и формулы оценки экспертной значимости через коэффициент корреляции

21. Алгоритм центрирования  $X, Y$ : Среднее арифметическое, вычисление коэффициента  $K_{x,y}$  проверка гипотез Сильная корреляция (детерминированность) Слабая корреляция Нет корреляции

22. Практическое значение изложенного подхода оценки, и «проверки условия существования», взаимосвязи на множестве случайных значений переменных  $x$  и  $y$ .

23. Определение вида неслучайных функций взаимозависимость на основе методов аппроксимирующих полиномов без коэффициентов корреляции.

24. Применение корреляционных моделей табличных оригиналов определение корреляционной модели для выявления зависимости переменных в «табличном оригинале». Рассматривается класс моделей в классе «двойка» из главы 1 в виде подсистем  $\Delta S'$  (оригинал) и соответственно  $\Delta S$  (модель):

25. В гражданской авиации рассматриваемый подход может оказаться полезным, так как его можно применить с практической пользой и в такой сложной задаче, как изучение отрицательного влияния человеческого фактора на безопасность полетов

26. Анализ частичных сумм со знаком (-) и со знаком (+) в среднем общей суммы пар произведений. (Процессы действительно независимые по корреляции через усредненную нормированную сумму произведений пар зна-

чений (отклонений) – «аргумента» и «отклика» системы на воздействие аргумента.

27. Схема построения (алгоритм) модели «ПИЛЫ» в форме ТРЕНДА:

«ОКНО» - тренд – скользящее среднее значение и т.п. (интерполяция, экстраполяция).

28. Колебательные движения различных объектов в теории линейных колебаний динамических систем. Объекты изучения колебаний.

29. Применения МСП на примере построения модели динамических колебаний «лопатки компрессора» как элемента ЭТ (двигатель - типа ТРД).

30. Возникновение колебаний от одиночного импульса (собственные колебания).

31. Динамические модели линейных (гармонических) колебаний как результат решения «Задачи №2» в механике при специальных силах: математически – колебания в форме дифференциальных уравнений.

32. Дифференциальных уравнений незатухающего процесса

33. Дифференциальных уравнений затухающего процесса с некоторым коэффициентом.

34. Дифференциальных уравнений вынужденных колебаний под действием возмущения  $f(t)$ .

35. Колебания самолёта (воздушного судна) при вращении вокруг центра масс в продольной плоскости.

### **Типовые ситуационные задачи для проведения промежуточной аттестации.**

1. Определение усилий динамических биений вала компрессора при попадании внешних предметов через сопло двигателя при оборотах (на стоянке) до 2000об/мин при массе передней секции ротора до 10кг и при массе предмета до 2 кг (попадание птиц в двигатель). Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

2. Постановка задач. в примере параметрической оптимизации авиационных перевозок по критерию максимума прибыли в зависимости от цены билета постановка задач (ВС) - самолет типа ТУ-154, число кресел в салоне  $n_0 = 160$ .

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Приступая в 5 семестре к изучению дисциплины «Моделирование систем и процессов», студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Студенту следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от его активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. В этом процессе важное

значение имеет самостоятельная работа, направленная на вовлечение студента в самостоятельную познавательную деятельность с целью формирования самостоятельности мышления, способностей к профессиональному саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации в современных условиях социально-экономического развития. На первом занятии преподаватель проводит входной контроль в форме устного опроса по вопросам дисциплин, на которых базируется дисциплина «Моделирование систем и процессов».

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия (п. 5.1-5.4). В ходе лекции преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия, а также соответствующие теоретические и практические проблемы, дает задания и рекомендации для практических занятий, а также указания по выполнению обучающимся самостоятельной работы.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Принципиально неверным, но получившим в наше время достаточно широкое распространение, является отношение к лекции как к «диктанту», который обучающийся может аккуратно и дословно записать. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста.

Практические занятия по дисциплине «Моделирование систем и процессов» проводятся в соответствии с п. 5.4. Цели практических занятий: закрепить теоретические знания, полученные студентом на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы. Темы практических занятий заранее сообщаются обучающимся для того, чтобы они имели возможность подготовиться и проработать соответствующие теоретические вопросы дисциплины. Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устных опросов, решения расчетных и ситуационных задач, проведения контрольной работы.

В современных условиях перед студентом стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения.

Самостоятельная работа включает следующие виды занятий (п. 5.6): самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала; подготовку к устному опросу (перечень вопросов для опроса приведен в п. 9.6).

Курсовая работа включает теоретическую часть – изложение позиций и подходов, сложившихся в науке по данному вопросу, и аналитическую (практическую часть) – содержащую анализ проблемы на примере конкретной ситуации.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 6 «Механика» «07» 11 2023 года, протокол № 5.

Разработчик:

д.т.н., профессор

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Куклев Е.А.

Заведующий кафедрой № 6 «Механика»

к.т.н. доцент

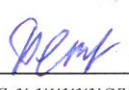
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Байрамов А.Б.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО

к.т.н., доцент

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Петрова Т.В..

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета « 22 » 11 2023 года, протокол № 3.