

### 03.04.01 Прикладные математика и физика

Очная форма обучения, 2016 года набор

Аннотации рабочих программ дисциплин

#### Военная подготовка

Цель дисциплины:

Получение необходимых знаний, умений, навыков в военной области в соответствии с избранной военно-учётной специальностью "Математическое, программное и информационное обеспечение функционирования автоматизированных систем".

Задачи дисциплины:

1. Прохождение студентами дисциплины "Общественно-государственная подготовка".
2. Прохождение студентами дисциплины "Военно-специальная подготовка".
3. Прохождение студентами дисциплины "Тактика ВВС".
4. Прохождение студентами дисциплины "Общая тактика".
5. Прохождение студентами дисциплины "Общевойсковая подготовка".
6. Прохождение студентами дисциплины "Тактико-специальная подготовка".
7. Допуск к сдаче и сдача промежуточной аттестации, предусмотренной учебным планом.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. принципы построения, функционирования и практической реализации основных алгоритмов АСУ ВВС;
2. взаимодействие алгоритмов КСА объединения ВВС и ПВО, АСУ соединения ВКО в процессе боевой работы, организации и несения боевого дежурства;
3. особенности построения алгоритмов управления частями (подразделениями) ЗРВ, ИА, РЭБ;
4. основы построения КСА КП и штаба объединения ВВС и ПВО, АСУ соединения ВКО;
5. назначение, состав, технические характеристики, устройство и принципы функционирования основных комплексов технических средств КСА;

6. взаимодействие функциональных устройств КСА.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. историю славных побед российского воинства и русского оружия;
2. порядок организации и проведения мероприятий морально-психологического обеспечения в подразделении;
3. основные этапы развития ВС РФ;
4. цели и задачи воспитательной работы в подразделении;
5. порядок организации и проведения мероприятий воспитательной работы в подразделении;
6. методику индивидуально-воспитательной работы с военнослужащими, проходящими военную службу по призыву и по контракту.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. основы боевого применения Сил и средств воздушно-космического нападения вооруженных Сил блока НАТО;
2. порядок и методику оценки воздушного противника;
3. организацию, вооружение частей и подразделений ПВО ВВС;
4. боевые возможности частей и подразделений ПВО ВВС;
5. организацию маневра подразделений ПВО ВВС;
6. основы подготовки частей и подразделений ПВО ВВС к боевому применению;
7. основы планирования боевого применения, сущность и содержание заблаговременной и непосредственной подготовки к боевому применению частей и подразделений ПВО ВВС;
8. правила разработки и оформления боевых документов;
9. организацию боевого дежурства в ПВО ВВС;
10. основные этапы и способы ведения боевых действий в ПВО ВВС.

по дисциплине "Общая тактика":

1. организационно-штатную структуру общевойсковых подразделений;
2. сущность, виды, характерные черты и принципы ведения современного общевойскового боя;
3. основы боевого применения мотострелковых подразделений Сухопутных войск, их боевые возможности;
4. организацию системы огня, наблюдения, управления и взаимодействия;
5. основы огневого поражения противника в общевойсковом бою;
6. организацию непосредственного прикрытия и наземной обороны позиции подразделения и

объектов;

7. последовательность и содержание работы командира взвода (отделения) по организации общевойскового боя, передвижения и управления подразделением в бою и на марше;

8. основы управления и всестороннего обеспечения боя;

9. порядок оценки обстановки и прогноз ее изменений в ходе боевых действий;

10. основные приемы и способы выполнения задач инженерного обеспечения;

11. назначение, классификацию инженерных боеприпасов, инженерных заграждений и их характеристики;

12. назначение, устройство и порядок применения средств маскировки промышленного изготовления и подручных средств;

13. последовательность и сроки фортификационного оборудования позиции взвода

Уметь:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. технически грамотно эксплуатировать математическое обеспечение вычислительного комплекса в различных степенях боевой готовности и обеспечивать боевую работу в условиях активного воздействия противника;

2. самостоятельно разбираться в описаниях и инструкциях на математическое обеспечение новых АСУ ВВС;

3. методически правильно и грамотно проводить занятия с личным составом по построению и эксплуатации математического обеспечения АСУ ВВС.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. целенаправленно использовать формы и методы воспитательной работы с различными категориями военнослужащих;

2. применять методы изучения личности военнослужащего, социально-психологических процессов, протекающих в группах и воинских коллективах.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. проводить оперативно-тактические расчеты боевых возможностей частей (подразделений) ПВО ВВС.

по дисциплине "Общая тактика":

1. передвигаться на поле боя;

2. оборудовать одиночные окопы для стрельбы из автомата из всех положений, укрытия для вооружения и военной техники;

3. оценивать обстановку (уточнять данные обстановки) и прогнозировать ее изменения;
4. разрабатывать и оформлять карточку огня взвода (отделения);
5. осуществлять подготовку и управление боем взвода (отделения);
6. пользоваться штатными и табельными техническими средствами радиационной, химической и биологической разведки и контроля, индивидуальной и коллективной защиты, специальной обработки;
7. оценивать состояние пострадавшего и оказывать первую медицинскую помощь при различных видах поражения личного состава;
8. читать топографические карты и выполнять измерения по ним;
9. определять по карте координаты целей, боевых порядков войск и осуществлять целеуказание;
10. вести рабочую карту, готовить исходные данные для движения по азимутам в пешем порядке;
11. организовывать и проводить занятия по тактической подготовке.

по дисциплине "Тактико-специальная подготовка":

1. выполнять функциональные обязанности дежурного инженера в составе боевого расчета;
2. готовить аппаратуру КСА к боевому применению и управлять боевым расчетом центра АСУ в ходе ведения боевой работы;
3. проводить проверку параметров, определяющих боевую готовность АСУ (КСА);
4. оценивать техническое состояние аппаратуры КСА и ее готовность к боевому применению;
5. выполнять нормативы боевой работы.

по дисциплине "Общевойсковая подготовка":

1. выполнять и правильно применять положения общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации в повседневной деятельности;
2. выполнять обязанности командира и военнослужащего перед построением и в строю;
3. правильно выполнять строевые приемы с оружием и без оружия;
4. осуществлять разборку и сборку автомата, пистолета и подготовку к боевому применению ручных гранат;

Владеть:

по дисциплине "Военно-специальная подготовка":

1. устройством КСА КП, аппаратным и программным обеспечением их функционирования;
2. основы защиты информации от несанкционированного доступа.

по дисциплине "Общественно-государственная подготовка":

1. основными положениями законодательных актов государства в области защиты Отечества.

по дисциплине "Тактика ВВС":

1. формами и способами ведения боевых действий частей и подразделений ПВО ВВС, их влиянием на работу АСУ в целом, работу КСА лиц боевого расчёта.

по дисциплине "Общая тактика":

1. организацией современного общевойскового боя взвода самостоятельно или в составе роты.  
2. принятием решения с составлением боевого приказа, навыками доклада предложений командиру.

по дисциплине "Тактико-специальная подготовка":

1. методами устранения сбоев и задержек в работе программных и аппаратных средств КСА АСУ.

по дисциплине "Общевойсковая подготовка":

1. штатным оружием, находящимся на вооружении Вооружённых сил РФ.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Военно-специальная подготовка
- Общая тактика
- Тактика Военно-воздушных сил
- Военно-специальная подготовка
- Общая тактика
- Тактико-специальная подготовка
- Общевоенная подготовка

Основная литература:

1. Строевой устав вооружённых сил РФ.
2. В.В. Апакидзе, Р.Г. Дуков «Строевая подготовка» Под ред. Генерал-полковника В.А. Меримского (Учебное пособие). М.: Воениздат, 1988. 336 с.
3. Методика строевой подготовки. (Учебное пособие). М.: Воениздат, 1988. 358 с.
4. Руководство по 5,45-мм автомату Калашникова АК-74. М.: Воениздат, 1986. 158 с.
5. Наставление по стрелковому делу 9-мм пистолет Макарова (МП). М.: Воениздат, 94 с.

6. Наставление по стрелковому делу Ручные гранаты. М.: Воениздат, 1981. 64 с.
7. Наставление по стрелковому делу. Основы стрельбы из стрелкового оружия. Изд. второе, испр. и доп. М.: Воениздат, 1970. 176 с.
8. Курс стрельб из стрелкового оружия, боевых машин и танков Сухопутных войск (КС СО, БМ и Т СВ-84). М.: Воениздат. 1989, 304 с.
9. Военная топография» / Учебное пособие. Под общ. Ред. А.С. Николаева, М.: Воениздат. 1986. 280 с. ил.
10. «Топографическая подготовка командира» / Учебное пособие. М.: Воениздат. 1989.
11. Молостов Ю.И. Работа командира по карте и на местности. Учебное пособие. Солнечногорск, типография курсов «Выстрел», 1996.

### **Вычислительные методы в механике**

Цель дисциплины:

Знакомство студентов с численными методами, широко применяемыми в механике жидкости и газа, а также в механике твердого упругого тела, обучение их алгоритмам, которые могут быть использованы для решения большого разнообразия фундаментальных и прикладных задач аэрогидромеханики и прочности конструкций летательных аппаратов.

Задачи дисциплины:

Эти методы обеспечивают наиболее эффективный на современном этапе путь получения результатов задач, описываемых дифференциальными уравнениями.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;

порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;

современные проблемы физики, математики;

современное положение дел в проблеме идентификации физических механизмов

шумообразования в турбулентных течениях;

разновидности современных способов экспериментального исследования шума турбулентных течений и физические принципы, на которых они основаны

Уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть в технических задачах физическое содержание;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

выводить основные уравнения и понимать их физический смысл;

эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов

Владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Уравнения Навье-Стокса в дивергентной форме, описывающие течения вязкого совершенного газа. Постановка задачи внешнего обтекания тел вязким газом. Уравнения Навье-Стокса в дивергентной форме в криволинейной системе координат
- Постановка задачи внешнего обтекания тел в рамках уравнений Эйлера. Характеристические свойства уравнений Эйлера и Навье-Стокса. Постановка граничных условий для уравнений Эйлера
- Постановка задачи для уравнений пограничного слоя Прандтля. Характеристические свойства уравнений
- Понятие жесткой системы дифференциальных уравнений

- Моделирование турбулентных течений
- Моделирование химически неравновесных процессов в вычислительной аэродинамике
- Постановка задач в механике твердого упругого тела
- Основные понятия теории разностных схем для обыкновенных дифференциальных уравнений (аппроксимация, сходимость, устойчивость).
- Методы Рунге-Кутты для решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Условно устойчивые и абсолютно устойчивые разностные методы. Явные и неявные разностные схемы
- Основные понятия теории разностных схем для краевых задач обыкновенных дифференциальных уравнений (аппроксимация, сходимость, устойчивость). Теорема Лакса.
- Интегро-интерполяционный метод решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Методы типа конечных элементов. Метод Бубнова-Галеркина
- Свойства разностных схем для модельного уравнения:  $\Delta u_{xx} + \Delta u_x = 0$ . Сеточное число Рейнольдса. Свойство монотонности разностных схем
- Схема Келлера для решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. О согласованности дифференциальных уравнений и граничных условий
- Метод Рундсона для повышения порядка точности.
- Метод простой итерации для решения нелинейных сеточных уравнений. Скорость сходимости метода
- Метод Ньютона для решения нелинейных сеточных уравнений. Скорость сходимости метода. Модифицированный метод Ньютона. Метод Ньютона-Рафсона
- Разностная задача на собственные значения  $u_{xx} + \lambda u = 0$
- Понятие обусловленности систем линейных алгебраических уравнений
- Алгоритм векторно-матричной прогонки. Теорема об устойчивости векторно-матричной прогонки
- Метод Гаусса с выбором ведущего элемента
- Метод простой итерации для решения линейных уравнений. Метод простой итерации с оптимальным выбором  $\omega$ .
- Метод переменных направлений для решения линейных уравнений
- Треугольные методы для решения линейных уравнений
- Итерационные методы вариационного типа. Метод минимальных невязок
- Методы построения расчетных сеток. Алгебраические методы построения расчетных сеток. Методы построения расчетных сеток, основанные на решении эллиптических уравнений. Методы построения расчетных сеток, основанные на решении гиперболических уравнений
- Адаптивные расчетные сетки. Адаптивные расчетные сетки вариационного типа
- Анализ устойчивости явных и неявных схем для уравнений пограничного слоя (ПС) Прандтля
- Оценка погрешности аппроксимации схемы с весами для уравнения теплопроводности. Схема повышенного порядка аппроксимации для уравнения теплопроводности. Необходимые и достаточные условия устойчивости по начальным данным схемы с весами для уравнения теплопроводности
- Блочный метод Келлера для решения уравнений ПС Прандтля. Метод Кранка-Николсона для решения уравнений ПС Прандтля. Метод повышенного порядка точности Петухова для решения уравнений ПС Прандтля

- Схема Лакса-Вендроффа для решения уравнений Эйлера. Двухшаговый вариант схемы Лакса-Вендроффа и схема Мак-кормака. Необходимое условие устойчивости схемы Лакса-Вендроффа
- Понятие монотонности и теоремы Годунова о построении монотонных разностных схем
- Монотонная схема первого и второго порядка точности для уравнения переноса
- Свойство монотонности разностных схем. Условие невозрастания полной вариации
- Линеаризованный вариант монотонной схемы первого и второго порядка точности для уравнений Эйлера
- Нелинейный вариант монотонной схемы Годунова первого и второго порядка точности для уравнений Эйлера.
- Метод Роя для приближенного решения задачи Римана
- Построение монотонных разностных схем для многомерных задач газовой динамики
- Методы решения уравнений Навье-Стокса с применением монотонных разностных схем.
- Метод конечного элемента для решения уравнений механики твердого упруго тела
- Метод конечного элемента для решения уравнений механики жидкости и газа.

Основная литература:

1. Годунов С.К., 1959. Конечно-разностный метод численного расчета разрывных решений уравнений газовой динамики // Мат. сб. Т. 47. С. 271-291.
2. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П., 1976. Численное решение многомерных задач газовой динамики // М.: Наука. С. 400.
3. Самарский А.А., Николаев Е.С., 1994. Методы решения сеточных уравнений // М.: Наука, 1978.
4. О.М. Белоцерковский Численное моделирование в механике сплошных сред, М: Физматлит, 1994.

### **История, философия и методология естествознания**

Цель дисциплины:

Приобщить студентов к историческому опыту мировой философской мысли, дать ясное представление об основных этапах, направлениях и проблемах в истории и философии науки, способствовать формированию навыков работы с предельными вопросами, связанными с

границами и основаниями различных наук и научной рациональности, овладению принципами рационального философского подхода к процессам и тенденциям развития современной науки.

Задачи дисциплины:

- систематизированное изучение философских и методологических проблем естествознания с учетом историко-философского контекста и современного состояния науки;
- приобретение студентами теоретических представлений о многообразии форм человеческого опыта и знания, природе мышления, соотношении истины и заблуждения;
- понимание роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, умение различать исторические типы научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания в их историческом генезисе, современные философские модели научного знания;
- знакомство с основными научными школами, направлениями, концепциями, с ролью новейших информационных технологий в мире современной культуры и в области гуманитарных и естественных наук;
- понимание смысла соотношения биологического и социального в человеке, отношения человека к природе, дискуссий о характере изменений происходящих с человеком и человечеством на рубеже третьего тысячелетия;
- знание и понимание диалектики формирования личности, ее свободы и ответственности, своеобразия интеллектуального, нравственного и эстетического опыта разных исторических эпох.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- структуру естественных и социо-гуманитарных наук, специфику их методологического аппарата;
- соотношение принципов и гипотез в построении научных систем и теорий;
- основы современной научной картины мира, базовые принципы научного познания и ключевые направления междисциплинарных исследований;
- концепции развития науки и разные подходы к проблеме когнитивного статуса научного знания;
- проблему материи и движения;

- понятия энергии и энтропии;
- проблемы пространства–времени;
- современные проблемы физики, химии, математики, биологии, экологии;
- великие научные открытия XX и XXI веков;
- ключевые события истории развития науки с древнейших времён до наших дней;
- взаимосвязь мировоззрения и науки;
- проблему формирования мировоззрения;
- систему интердисциплинарных отношений в науке, проблему редукционизма в науке;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, о проблемах нелинейных процессов и самоорганизующихся систем;
- динамические и статистические закономерности в природе;
- о роли вероятностных описаний в научной картине мира;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания для создания технических устройств;
- особенности биологической формы организации материи, принципы воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении ее эволюции.

#### Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- применять методологию естествознания при организации конкретных исследований;
- дать панораму наиболее универсальных методов и законов современного естествознания.

#### Владеть:

- научной методологией как исходным принципом познания объективного мира;
- принципами выбора адекватной методологии исследования конкретных научных проблем;
- системным анализом;
- знанием научной картины мира;
- понятным и методологическим аппаратом междисциплинарных подходов в науке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Античная наука и античная философия. Средневековая европейская наука. Научная революция нового времени.
- Рационалистическое направление в теории познания
- Традиция английского эмпиризма в теории познания.
- Кантовское решение проблемы познания. Трактровка познания в неокантианстве. Диалектическая логика посткантовской немецкой философии
- Проблемы эмпиризма и критическая философия И. Канта.
- Позитивизм.
- Основные положения и проблемы позитивизма.
- Позитивистская структура науки и ее альтернативы.
- Логическая критика позитивизма. Критический рационализм К. Поппера.
- Историческая критика позитивизма. Исторический подход в философии науки.
- Познание как философская проблема.
- Концепции истины.
- Метод дедукции и понятие интеллектуальной интуиции, "истины факта» и „истины разума“.
- Структура естественно-научного знания.
- Модель глобального эволюционизма.
- Науки о живом.
- Современная философия о проблемах естественно-научного знания.
- Номотетические и идиографические науки. Феноменология и герменевтика как методология социально-гуманитарных наук.
- Номотетические и идиографические науки. Феноменология и герменевтика как методология социально-гуманитарных наук.
- Современная философия о проблемах естественно-научного знания. Философские проблемы теории относительности и квантовой механики
- Философские проблемы математики и информатики
- Взаимоотношение науки и техники. Философия техники.
- Структурализм и постструктурализм как методология социально-гуманитарных наук.
- Путь от “фюсис” античности — к “природе” и “материи” Нового Времени.
- Синергетика. Особенности наук о живом.
- Философия эксперимента. Современные споры о реализме и конструктивизме. Социология науки
- Взаимоотношение религии, философии и науки в средние века и наши дни.
- Современная философия о проблемах социального и гуманитарного знания.
- Наука, религия, философия. Проблема соотношения.
- Проблема кризиса культуры в научном и философском дискурсе.
- Понятие «кризиса европейской культуры»: проблемы и дискуссии и его связь с антисциентизмом.
- Рационализм эпохи Просвещения и иррационализм Новейшего времени
- Наука и философия о природе сознания.
- Реальное и идеальное, их взаимосвязь.
- Взаимоотношение сознания, бессознательного и языка.

Основная литература:

1. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 3. От Возрождения до Канта / С. А. Мальцева, Д. Антисери, Дж. Реале .— СПб. : Пневма, 2004, 2010 .— 880 с.
2. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале ; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003. — Т. 1-2: Античность и Средневековье. - 2003. - 688 с.
3. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 4 / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003, 2008 .— 880 с.
4. Западная философия от истоков до наших дней [Текст]: [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2004 .— Т. 3: От Возрождения до Канта. - 2004. - 880 с.
5. Философия [Текст] : Хрестоматия / сост. П. С. Гуревич .— М. : Гардарики, 2002 .— 543 с.
6. Философия науки [Текст] : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2015 .— 512 с
7. Бессонов Б. История и философия науки. Учебное пособие. — М.: Юрайт, 2014.
8. Губин В.Д., Сидорина Т.Ю., Филатов В.П. Философия. — М., 2001.
9. История философии. Запад – Россия – Восток. Книги 2–4. / Под ред. Н. Мотрошиловой. — М., 2012.
10. Реале Дж. и Антисери Д. Западная философия от истоков до наших дней. Тт. 1–4. — СПб., 1994–1997.
11. Рассел Б. История западной философии и ее связи с политическими и социальными условиями от античности до наших дней (Издание 3-е, исправленное) Новосибирск, 2001
12. Семенов Ю.И. Введение в науку философии. В 6-ти книгах. — М., 2013.
13. Семенов Ю.И. Философия истории от истоков до наших дней: Основные проблемы и концепции. — М., 1999.
14. Сербиненко В.В. Русская философия. М., 2005.
15. Современная западная философия. Словарь. — М., 1991.
16. Соколов В.В. Средневековая философия. — М., 1979.
17. Философия науки / Под ред. А.И. Липкина. — М., 2007, 2014.

## Методы определения нагрузок на летательные аппараты

Цель дисциплины:

- развитие у студентов понимания физических основ нагружения конструкции, изучение нормативных требований к летной годности в части прочности планера ЛА, практическое освоение ряда методов нормирования и определения нагрузок.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов базовых знаний в области нормирования нагрузок, расчетных методов нагружения конструкции и экспериментальных способах нахождения нагрузок при эксплуатации летательных аппаратов.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

☒ использование методов проектирования элементов летательных аппаратов;  
☒ обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования элементов ЛА в соответствии с требованиями их (ЛА) в процессе проектирования и эксплуатации.

Уметь:

☒ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;  
☒ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;  
☒ производить численные оценки по порядку величины;  
☒ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;  
☒ видеть в технических задачах физическое содержание;  
☒ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

Владеть:

☒ навыками освоения большого объема информации;  
☒ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;  
☒ культурой постановки и моделирования физических задач;

☒ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Задачи курса и краткое его содержание. Основные понятия о нагрузках и методах их определения.
- Нагрузки поверхностные, объемные, погонные и сосредоточенные.
- Нагрузки в полете и при движении по земле. Эксплуатационные и расчетные. Случайные и детерминированные.
- Требования Норм летной годности самолетов. Авиационные правила АП-23 и АП-25.
- Общее и отличия отечественных и зарубежных правил (FAR, JAR, ICAO, CS).
- Требования к другим типам летательных аппаратов.
- Стандартная атмосфера. Понятие расчетных весов, скоростей, конфигураций. Диаграмма "скорость - перегрузка".
- Основные расчетные случаи при маневре самолета в вертикальной и боковой плоскости. Элеронные случаи нагружения. Отказ двигателя.
- Пространственный маневр и влияние автоматики.
- Активные и пассивные способы снижения маневренных нагрузок.
- Распределенные и суммарные характеристики. Роль аэродинамического эксперимента.
- Влияние угла атаки, сжимаемости и деформаций на аэродинамику.
- Особенности расчета на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях полета.
- Характеристики аэродромов. Общие уклоны и случайные неровности. Спектральные характеристики.
- Схемы шасси и характеристики амортизации.
- Силы при посадке. Раскрутка колес. Нормированная работа.
- Эксперимент при определении наземных нагрузок. Копровые сбросы. Натурные исследования.
- Динамические схемы конструкции. Уравнения изгибно-крутильных колебаний планера самолета.
- Система с одной степенью свободы и многостепенные системы. Примеры решения.
- Метод собственных форм, метод многочленов и метод конечных элементов в задачах о динамические нагрузки.
- Гипотеза квазистационарности и нестационарная аэродинамика при колебаниях. Вихревой метод С.М. Белоцерковского и методы CFD.
- Уравнения движения и решения во временной и частотной области.
- Турбулентность атмосферы и методы ее изучения.
- Однократные порывы и непрерывная турбулентность. Статистические характеристики порывов и перегрузок.
- Спектральные плотности. Элементы гармонического анализа.
- Экспериментальные методы – в аэродинамических трубах и при натуральных летных испытаниях.
- Влияние системы автоматического управления. Системы парирования нагрузок.
- Посадочный удар. Уравнения движения. Примеры решения.
- Спектральные характеристики нагрузок при пробеге. Переезд заданных неровностей.
- Баффтинг. Пролет через вихревой след. Воздействие ударной волны.

- Дисбаланс двигателя, потерявшего лопатку. Катапультирование грузов.
- Статистические характеристики эксплуатационных нагрузок и несущих способностей конструкции. Отечественные и зарубежные подходы к определению коэффициента безопасности.
- Дополнительные коэффициенты безопасности. Особенности нормирования для композитных конструкций.

Основная литература:

1. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 2004.
2. Дмитриев В.Г., Чижов В.М. Основы прочности и проектирование силовой конструкции летательных аппаратов. — М.: ЦАГИ, 2005.
3. Макаревский А.И., Чижов В.М. Основы прочности и аэроупругости летательных аппаратов. М. Машиностроение, 1982 , 238 с.
4. Кузнецов О.А. Динамические нагрузки на самолет. М.: Физматгиз, 2008.
5. Прочность самолета. Под ред. А.И. Макаревского. М.: Машиностроение, 1975.

### **Методы оптимизации конструкций летательных аппаратов**

Цель дисциплины:

Закрепление у студентов знаний по проектированию конструктивно-силовых схем и конструктивных элементов конструкции. Содержание курса знакомит студентов с требованиями, предъявляемых к конструкции планера, начиная от нормативных требований, расчетных условий нагружения, требований безопасности от явлений аэроупругости, требований по обеспечению ресурса и живучести. Содержание курса представляет собой курс, который предваряет обширную специальную литературу по проектированию конструкции летательного аппарата, в нем изучаются критерии проектирования, взаимосвязь различных дисциплин, включая аэродинамику и системы управления. Современные методы расчетов прочности самолетных конструкций рассматриваются применительно к типовым конструкциям и перспективным конструктивным решениям.

Задачи дисциплины:

Формирование у студентов базовых знаний в области проектирования конструктивных силовых схем, методы проектирования, особенности работы конструкторских бюро при создании самолетов, критерии конкурентоспособности и способы достижения лучших конструктивных решений.

Обеспечение прочности ЛА в процессе его проектирования и испытаний является важной и сложной задачей, так как его конструкция должна удовлетворять требованиям высокой безопасности при минимальных массах силовых элементов. В современном понимании прочность ЛА - это способность его конструкции сохранять целостность (не разрушаться) во всех ожидаемых условиях эксплуатации в течение назначенного срока службы, иметь высокий уровень весового совершенства и технологичности. Должны быть рассмотрены следующие вопросы: способы оценки уровня технической эффективности и конкурентоспособности самолетов, особенности при проектировании военной техники, чувствительность характеристик самолета к основным авиационным технологиям, критерии проектирования летательного аппарата в области, аэродинамики, прочности конструкции, систем управления, силовой установки, акустики, стоимости создания, стоимости эксплуатации, взаимосвязь различных дисциплин.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- способы использования методов моделирования элементов и агрегатов конструкций при нагружении;
- требования, предъявляемые к конструкции при проектировании;
- критерии проектирования и взаимосвязь различных дисциплин;
- методы оптимизации конструкции;
- особенности применения конструкционных материалов в конструкции;
- способы использования методов проектирования элементов летательных аппаратов;
- обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования элементов ЛА в соответствии с требованиями их (ЛА) в процессе проектирования и эксплуатации.

Уметь:

- использовать методы проектирования элементов летательных аппаратов;

- обучающиеся должны уметь использовать методы оптимизации при проектировании элементов ЛА в соответствии с требованиями к ЛА.

Владеть:

- навыками инженерного проектирования элементов конструкции.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Требования, предъявляемые к конструкции планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.
- Методы проектирования конструкций планера ЛА.

Основная литература:

1. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 2004.
2. Дмитриев В.Г., Чижов В.М. Основы прочности и проектирование силовой конструкции летательных аппаратов. — М.: ЦАГИ, 2005.
3. Макаревский А.И., Чижов В.М. Основы прочности и аэроупругости летательных аппаратов. М. Машиностроение, 1982 , 238 с.
4. Кузнецов О.А. Динамические нагрузки на самолет. М.: Физматгиз, 2008.
5. Прочность самолета. Под ред. А.И. Макаревского. М.: Машиностроение, 1975.

## **Методы решения задач аэротермодинамики космических летательных Аппаратов**

Цель дисциплины:

Развитие космонавтики, гиперзвуковой авиации, вакуумной техники явилось мощным стимулом к расширению исследований в области динамики разреженных газов. Прогресс здесь стал особенно заметен после внедрения и освоения мощной вычислительной техники, что позволило численно моделировать течения разреженного газа в нелинейной и многомерной постановке. Наибольшего развития в этой области получили методы статистического моделирования (Монте-Карло).

Исторически интенсивное развитие теории и приложений метода Монте-Карло было связано с решением актуальных задач теории переноса излучения в 50-х годах XX века. С тех пор сфера применения методов численного статистического моделирования значительно расширилась. Разработаны эффективные алгоритмы в статистической физике, физической и химической кинетике, теории массового обслуживания, финансовой математики, математической биологии и др. Алгоритмы метода Монте-Карло находят широкое применение в вычислительной аэродинамике: теория гиперзвуковых течений разреженного газа; теория турбулентных течений; аэроакустика; вакуумные технологии; теория динамики аэрозолей; нанотехнологии.

Кроме статистических методов при решении задач гиперзвуковой аэротермодинамики активно используются приближенные аналитические методы основанные на численных расчетах и экспериментах.

Целью данного курса лекций и лабораторных работ является изучение теории методов Монте-Карло и их разнообразном применении. Изучение алгоритмов решения задач динамики разреженного газа вообще и задач аэротермодинамики космических летательных аппаратов, в частности.

Задачи дисциплины:

Основными задачами курса являются: научить студентов исходя из постановки соответствующих задач разрабатывать алгоритмы расчета; производить необходимый объем расчетов в соответствии с заданной точностью; представлять результаты расчетов в виде графиков, гистограмм и т.п.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☒ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☒ современные проблемы физики, прикладной математики и теоретической и прикладной аэрогидромеханики;
- ☒ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в механике сплошных сред и ее приложениях;
- ☒ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☒ новейшие открытия естествознания;
- ☒ постановку проблем физико-математического моделирования;
- ☒ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

Уметь:

- ☒ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☒ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☒ работать на современной вычислительной технике (распараллеливание задачи);
- ☒ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций, уметь выделить главную часть и поставить корректную краевую задачу;
- ☒ планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

Владеть:

- ☒ планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- ☒ научной картиной мира;
- ☒ навыками самостоятельной работы на современном вычислительном оборудовании, знать современные языки программирования;
- ☒ математическим моделированием физических задач в рамках метода граничного элемента и сеточных методов.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Основы метода Монте-Карло.
- Моделирование случайных величин.
- Численное интегрирование.
- Решение уравнений математической физики.
- Решение линейных интегральных уравнений.
- Основные уравнения вычислительной аэродинамики и подходы к их решению

- Численные методы решения линейных кинетических уравнений.
- Методы решения нелинейных задач динамики разреженных газов.
- Методы расчета при малых числах Кнудсена.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Сверхзвуковое обтекание затупленных тел с энергоподводом.
- Моделирование турбулентных течений.
- Определение аэродинамических характеристик ВКС.
- Сверхзвуковое обтекание затупленных тел с энергоподводом.
- Моделирование турбулентных течений.
- Возможные направления развития методов Монте-Карло в вычислительной аэродинамике.

Основная литература:

1. Г.А. Михайлов, А.В. Войтишек. Численное статистическое моделирование. М: Академия, 2006. 368с.
2. С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов Курс статистического моделирования, М: Наука .1976. 320с.
3. И.М. Соболев Численные методы Монте-Карло, М: Наука. 1973. 312с.
4. О.М. Белоцерковский, Ю.И. Хлопков Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа, М: Азбука-2000. 2008. 328с.

## **Нейросетевые технологии и робастная оптимизация в задачах**

### **Аэродинамики**

Цель дисциплины:

- знакомство с теорией искусственных нейронных сетей, а так же с многочисленными примерами применения нейросетевых технологий в задачах аппроксимации сложных функциональных зависимостей возникающих в прикладной аэродинамике а так же при предварительном проектировании летательных аппаратов. Предполагается также знакомство с теорией динамической ассоциативной памяти близко связанной с физикой неупорядоченных систем и теорией фазовых переходов. Вторая часть курса предполагает знакомство студентов с различными методами анализа неопределенностей, возникающих в различных прикладных

задачах и изучение методов оптимизации при наличии вероятностных критериев и ограничений.

Задачи дисциплины:

- научить студентов исходя из постановки соответствующих задач разрабатывать алгоритмы расчета; производить необходимый объем расчетов в соответствии с заданной точностью; представлять результаты расчетов в виде графиков, гистограмм и т.п.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☑ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☑ современные проблемы физики, прикладной математики и теоретической и прикладной аэрогидромеханики;
- ☑ теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в механике сплошных сред и ее приложениях;
- ☑ принципы симметрии и законы сохранения;
- ☑ новейшие открытия естествознания;
- ☑ постановку проблем физико-математического моделирования.

Уметь:

- ☑ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☑ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☑ работать на современной вычислительной технике (распараллеливание задачи);
- ☑ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций, уметь выделить главную часть и поставить корректную краевую задачу;
- ☑ планировать оптимальное проведение численного эксперимента.

Владеть:

- ☑ планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- ☑ научной картиной мира;
- ☑ навыками самостоятельной работы на современном вычислительном оборудовании, знать современные языки программирования;

☒ математическим моделированием физических задач в рамках метода граничного элемента и сеточных методов.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Что такое нейронные сети. Биологический нейрон. Человеческий мозг. Модели нейронов. Архитектура сетей. Представление знаний.
- Процессы обучения. Обучение, основанное на коррекции ошибок. Обучение на основе памяти. Обучение Хебба. Конкурентное обучение. Обучение Больцмана. Обучение с учителем, обучение без учителя. Задачи обучения: ассоциативная память, распознавание образов, аппроксимация функций, управление, фильтрация. Память в виде матрицы корреляций.
- Однослойный персептрон. Теорема о сходимости персептрона. Графики процесса обучения. Задача адаптивной фильтрации. Взаимосвязь персептрона и байесовского классификатора в гауссовой среде.
- Многослойный персептрон. Алгоритм обратного распространения. Два прохода вычислений, скорость обучения, последовательный и пакетный режимы обучения. Критерий останова. Перекрестная проверка.
- Аппроксимация функций. Теорема об универсальной аппроксимации. «Проклятие размерности». Обучение с учителем как задача оптимизации. Метод сопряженных градиентов. Квазиньютоновские методы. Метод компьютерной заморозки. Генетический алгоритм.
- Сети на основе радиальных базисных функций (RBF). Теорема Ковера о разделимости множеств. Задача интерполяции. Теорема Мичелли. Сравнение сетей RBF и многослойных персептронов. Стратегии обучения. Случайный выбор фиксированных центров. Выбор центров на основе самоорганизации. Выбор центров с учителем.
- Карты самоорганизации. Процесс конкуренции, процесс кооперации, процесс адаптации. Упорядочение и сходимость. Краткое описание алгоритма SOM
- Нейродинамика. Динамические системы. Пространство состояний. Аттракторы. Управление аттракторами. Модель Хопфилда.
- Статистическая механика модели Хопфилда. Метод реплик. Вычисление свободной энергии. Фазовая диаграмма модели Хопфилда. Обобщения модели Хопфилда. Теория Е. Гарднер.
- Динамически управляемые рекуррентные сети. Алгоритмы обучения.
- Анализ источников неопределенности в модели. Эмпирические функции распределения. Методы ядерного сглаживания. Стандартные одно- и многомерные функции распределения. Анализ корреляций. Графический анализ с помощью QQ- графиков. Оценки параметров. Хи-квадрат тест. Тестирование по Колмогорову-Смирнову. Принцип максимального правдоподобия. Байесовские информационные критерии.
- Вероятностные критерии качества и теория надежности. Изовероятностные преобразования. Преобразование Розенблата. Преобразование Натафа. Индекс надежности. Методы оценки надежности первого, второго и высших порядков (FORM, SORM, NORM). Методы пробных выборок.
- Различные разновидности метода Монте-Карло. Метод существенных выборок. Выборки направлений. Метод Латинского гиперкуба.
- Оптимизация в условиях статистической неопределенности (робастная оптимизация) Функция потерь и функция вероятности. Функция квантили. Методы детерминированного

эквивалента. Билинейная функция потерь и сферически симметричные распределения. Функция потерь возрастающая по стратегии. Доверительный метод. Максимизация целевых функций на доверительном эллипсоиде. Стохастические квазиградиентные алгоритмы. Задачи стохастического программирования с вероятностным ограничением.

- Глубокое обучение (Deep Learning).

Основная литература:

1. Теория нейронных сетей [Текст]. Кн.1 : учеб. пособие для вузов / А. И. Галушкин .— М : Ред. журнала "Радиотехника", 2000 .— 416 с.
2. Нейронные сети [Текст] : полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. Н. Н. Куссуль, А. Ю. Шелестова ; под ред. Н. Н. Куссуль .— 2-е изд., испр. — М. : Вильямс, 2006 .— 1103 с.
3. Нейронные сети: история развития теории [Текст]. Кн. 5 : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А. И. Галушкина, Я. З. Цыпкина .— М. : ИПРЖР, 2001 .— 840 с.
4. Нейронные сети: история развития теории [Текст]. Кн. 5 : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А. И. Галушкина, Я. З. Цыпкина .— М. : ИПРЖР, 2001 .— 840 с.
5. Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. А. Пиявский, В. С. Брусов, Е. А. Хвилон .— М. : Машиностроение, 1974 .— 168 с.
6. Ф. Уоссерман. Нейрокомпьютерная техника. Москва: Мир,1992.
7. А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Наука, 1996.
8. Измайлов А.Ф., Солодов М.И. Численные методы оптимизации. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.

### **Обеспечение безопасности эксплуатации летательных аппаратов по условиям прочности**

Цель дисциплины:

- изучение прикладных методов и моделей теории упругости применительно к характерным для авиастроения тонкостенным каркасированным конструкциям из металлических и композиционных материалов. В курсе изучаются как континуальные (описываемые дифференциальными уравнениями), так и дискретные (сводящиеся к большим системам

алгебраических уравнений) модели, а также современные схемы и примеры их решения.

Отдельное внимание уделено теории пластин и оболочек, устойчивости, критериям и нелинейным задачам статической прочности, методу конечных элементов, термонапряженным конструкциям.

Задачи дисциплины:

- получение студентами теоретических знаний и практических навыков по их применению при исследованиях напряженно-деформированного состояния и устойчивости авиаконструкций;
- обучение умению правильно моделировать и решать конкретные проблемы, возникающие при проектировании ЛА;
- подготовка к разработкам и использованию современного программного обеспечения по прочности для ЭВМ;
- расширение и интегрирование полученных в области прикладной теории упругости знаний в общую систему профессиональных знаний студентов по прочности ЛА.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия обеспечения безопасности по условиям: статической и тепловой прочности; аэроупругости; усталостной прочности и живучести в условиях эксплуатации;
- понятия о сертификационном базисе и процессе сертификации по условиям прочности;
- методы и средства обеспечения летной годности ЛА в процессе эксплуатации.

Уметь:

- ☑ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- ☑ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☑ производить численные оценки по порядку величины;
- ☑ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.

Владеть:

- ☑ навыками освоения большого объема информации;
- ☑ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

- ☒ культурой постановки и моделирования физических задач;
- ☒ навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- ☒ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Предмет курса. Основные разделы. Его роль и связи с другими курсами. Требования к слушателям. Их специализация. Необходимая литература.
- Основные понятия. Континуальные и дискретные модели прикладной теории упругости. Специфика тонкостенных авиаконструкций. Виды и роль расчетных методов. Многоуровневость напряженно-деформированного состояния. Главные гипотезы. Линейные и нелинейные модели. Виды нелинейностей.
- Общий вид критериев прочности. Частные случаи. Особенности моделей и методов для композитных и термонапряженных конструкций. Учет концентраторов, соединений и комбинированного нагружения. Разрушение при сжатии и сдвиге. Устойчивость по Эйлеру.
- Формы и решения для устойчивости пластин и оболочек. Учет пластических деформаций по Шенли. Понятие о закритическом деформировании.
- Особенности разрушения композитных элементов. Критерии прочности КМ в напряжениях и деформациях. Влияние повреждений.
- Классическая теория пластин. Гипотеза Кирхгофа-Лява. Распространение на анизотропные и конструктивно-ортотропные пластины. Частные случаи и примеры решения задач изгиба пластин.
- Элементы теории оболочек. Разновидности дифференциальных уравнений для оболочек. Безмоментные оболочки. Краевые эффекты. Решение для цилиндрической оболочки.
- Уравнения теории анизотропных и слоистых пластин. Нелинейные уравнения Кармана. Их приближенные решения.
- Понятие о методе редуцированных коэффициентов (МРК). Решение нелинейных задач о несущей способности тонкостенных конструкций по МРК. Приближенные формулы Кармана и Маргерра для сжатых пластин. Теория Вагнера и Куна при сдвиге.
- Использование континуальных моделей при проектировании крыла, фюзеляжа и оперения ЛА.
- Развитие численных методов решения задач прикладной теории упругости. Основные представления о сеточных методах, интегро-интерполяционном и вариационно-разностном подходах.
- Основные понятия о методах конечных элементов (МКЭ). Вывод основных соотношений МКЭ в матрично-векторной форме. Преимущества и условия сходимости метода.
- Простейшие типы и семейства конечных элементов. Моментные элементы. Примеры стержня, треугольника и балки.
- Скалярные и нормальные координаты. Высокоточные и согласованные семейства КЭ Сирендинова и Лагранжева типа. Изопараметрические конечные элементы. Преобразования координат.
- Метод подконструкций и суперэлементов. Редуцирование основной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) МКЭ.

- Особенности больших СЛАУ. Прямые и итерационные методы их решения. Алгоритмы и потребные ресурсы при реализации на ЭВМ. Точность решения.
- Типовые расчетные схемы МКЭ при исследовании авиаконструкций. Программное обеспечение.

Основная литература:

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 7 : Теория упругости : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— 4-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1987 .— 248 с.
2. Ван Цзи-де Прикладная теория упругости. М., Физматгиз, 1959.
3. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л., Судпромгиз, 1962.
4. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. М., Физматгиз, 1963.
5. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. М., «Машиностроение», 1977.
6. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М., «Машиностроение», 1988.
7. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. М., ФМ, 2013.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М., изд. Мир, 1984.
9. Замула Г.Н., Кретов А.С. Прочность высокотемпературных конструкций летательных аппаратов. Казань, изд. КГТУ, 2004.

### **Прикладная теория упругости**

Цель дисциплины:

Изучение прикладных методов и моделей теории упругости применительно к характерным для авиастроения тонкостенным каркасированным конструкциям из металлических и композиционных материалов. В курсе изучаются как континуальные (описываемые дифференциальными уравнениями), так и дискретные (сводящиеся к большим системам алгебраических уравнений) модели, а также современные схемы и примеры их решения. Отдельное внимание уделено теории пластин и оболочек, устойчивости, критериям и нелинейным задачам статической прочности, методу конечных элементов, термонапряженным

конструкциям.

Задачи дисциплины:

- получение студентами теоретических знаний и практических навыков по их применению при исследованиях напряженно-деформированного состояния и устойчивости авиаконструкций;
- обучение умению правильно моделировать и решать конкретные проблемы, возникающие при проектировании ЛА;
- подготовка к разработкам и использованию современного программного обеспечения по прочности для ЭВМ;
- расширение и интегрирование полученных в области прикладной теории упругости знаний в общую систему профессиональных знаний студентов по прочности ЛА.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

☑ континуальные и дискретные модели и методы прикладной теории упругости, в т. ч. для композитных и «горячих» конструкций.

Уметь:

☑ использовать полученные знания при решении практических и новых задач, дальнейших исследованиях по развитию науки о прочности ЛА;

☑ правильно оценивать полученные результаты работ, предлагать инновационные и оптимальные решения.

Владеть:

☑ навыками и методами решения задач ПТУ;

☑ навыками построения новых моделей и расчетных схем для конкретных авиаконструкций;

☑ опытом работы с новой информацией и литературой по дисциплине, в т. ч. на английском языке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Предмет курса. Основные разделы. Его роль и связи с другими курсами. Требования к слушателям. Их специализация. Необходимая литература.

- Основные понятия. Континуальные и дискретные модели прикладной теории упругости. Специфика тонкостенных авиаконструкций. Виды и роль расчетных методов. Многоуровневость напряженно-деформированного состояния. Главные гипотезы. Линейные и нелинейные модели. Виды нелинейностей.
- Общий вид критериев прочности. Частные случаи. Особенности моделей и методов для композитных и термонапряженных конструкций. Учет концентраторов, соединений и комбинированного нагружения. Разрушение при сжатии и сдвиге. Устойчивость по Эйлеру.
- Общие уравнения устойчивости элементов. Решения для подкрепленной панели. Общая и местная потеря устойчивости.
- Формы и решения для устойчивости пластин и оболочек. Учет пластических деформаций по Шенли. Понятие о закритическом деформировании.
- Особенности разрушения композитных элементов. Критерии прочности КМ в напряжениях и деформациях. Влияние повреждений.
- Классическая теория пластин. Гипотеза Кирхгофа-Лява. Распространение на анизотропные и конструктивно-ортотропные пластины. Частные случаи и примеры решения задач изгиба пластин.
- Элементы теории оболочек. Разновидности дифференциальных уравнений для оболочек. Безмоментные оболочки. Краевые эффекты. Решение для цилиндрической оболочки.
- Уравнения теории анизотропных и слоистых пластин. Нелинейные уравнения Кармана. Их приближенные решения.
- Понятие о методе редуцированных коэффициентов (МРК). Решение нелинейных задач о несущей способности тонкостенных конструкций по МРК. Приближенные формулы Кармана и Маргерра для сжатых пластин. Теория Вагнера и Куна при сдвиге.
- Использование континуальных моделей при проектировании крыла, фюзеляжа и оперения ЛА.
- Развитие численных методов решения задач прикладной теории упругости. Основные представления о сеточных методах, интегро-интерполяционном и вариационно-разностном подходах.
- Основные понятия о методах конечных элементов (МКЭ). Вывод основных соотношений МКЭ в матрично-векторной форме. Преимущества и условия сходимости метода.
- Простейшие типы и семейства конечных элементов. Моментные элементы. Примеры стержня, треугольника и балки.
- Скалярные и нормальные координаты. Высокоточные и согласованные семейства КЭ Сирендинова и Лагранжева типа. Изопараметрические конечные элементы. Преобразования координат.
- Метод подконструкций и суперэлементов. Редуцирование основной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) МКЭ.
- Особенности больших СЛАУ. Прямые и итерационные методы их решения. Алгоритмы и потребные ресурсы при реализации на ЭВМ. Точность решения.
- Нелинейные дискретные модели. Методы решения. МКЭ в задачах устойчивости.
- Типовые расчетные схемы МКЭ при исследовании авиаконструкций. Программное обеспечение.
- Уравнения прикладной термоупругости в континуальном и дискретном виде. Методы определения температурных полей и напряжений.
- Пластические деформации, термоползучесть и термоустойчивость неравномерно нагретых конструкций. Численное решение уравнений теплопроводности и лучистого теплообмена. Особенности прочностного расчета термонапряженных элементов.
- Краткое подведение итогов прочитанного курса. Задачи и перспективы развития ПТУ. Консультация по содержанию курса и литературе.

Основная литература:

1. Ван Цзи-де Прикладная теория упругости. М., Физматгиз, 1959.
2. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л., Судпромгиз, 1962.
3. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. М., Физматгиз, 1963.
4. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. М., «Машиностроение», 1977.
5. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М., «Машиностроение», 1988.
6. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. М., ФМ, 2013.
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М., изд. Мир, 1984.
8. Замула Г.Н., Кретов А.С. Прочность высокотемпературных конструкций летательных аппаратов. Казань, изд. КГТУ, 2004.

## **Современные проблемы естествознания и устойчивого развития.**

### **Теоретическая физика**

Цель дисциплины:

дать студентам знания в области описания различных квантовых физических явлений и методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие и непротиворечивость системы постулатов, положенных в основу квантовой теории, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению.

Задачи дисциплины:

- изучение свойств точно решаемых задач-моделей гидродинамических систем;
- изучение приближенных методов решения задач гидродинамики;
- изучение методов описания сложных систем
- овладение методами гидродинамики для описания свойств различных физических систем.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ постулаты и принципы гидродинамики, методы описания гидродинамических систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- ☐ основные свойства точно решаемых моделей гидродинамических систем;
- ☐ основные приближенные методы решения задач механики сплошных сред;
- ☐ методы описания сложных и незамкнутых систем;
- ☐ методы и способы описания систем многих частиц в гидродинамической теории;
- ☐ методы описания рассеяния микрочастиц в газах; описание взаимодействия электромагнитного излучения с газами.

Уметь:

- ☐ определять средние значения (физические величины) гидродинамических систем;
- ☐ применять разнообразные приближения для оценки гидродинамических процессов;
- ☐ применять стационарную теорию возмущений для определения распространения звука в океане:
- ☐ вычислять дифференциальные сечения рассеяния наночастиц различными потенциалами;
- ☐ определять возможные сценарии турбулентности.

Владеть:

- ☐ основными методами решения задач различных систем многих тел;
- ☐ навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Гидродинамика горения газа
- Звуковые волны.
- Конвекция и диффузия
- Одномерное течение газа
- Плоское течение газа
- Поверхностные явления
- Пограничный слой.
- Теплопередача в жидкости и газе
- Течение вязкого газа и вязкой жидкости
- Течение идеальной жидкости и его физическая интерпретация
- Турбулентность
- Ударные волны

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 2006.
2. Крайнов В.П.. Качественные методы в физической кинетике и гидрогазодинамике. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Крайнов В.П. Избранные проблемы в механике сплошных сред. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2014.

### **Усталость и живучесть конструкций**

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с основами ресурса конструкций летательных аппаратов, включая расчетные и экспериментальные методы обеспечения усталости и живучести.

Задачи дисциплины:

☑ формирование у студентов базовых знаний в области обеспечения безопасности проектируемых летательных аппаратов по условиям прочности.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☑ использование методов проектирования элементов летательных аппаратов;
- ☑ обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования элементов ЛА в соответствии с требованиями их (ЛА) в процессе проектирования и эксплуатации.

Уметь:

- ☑ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- ☑ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☑ производить численные оценки по порядку величины;
- ☑ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

☒ видеть в технических задачах физическое содержание;

☒ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

Владеть:

☒ навыками освоения большого объема информации;

☒ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

☒ культурой постановки и моделирования физических задач;

☒ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Краткий обзор развития исследований усталости и трещиностойкости в машиностроении и самолетостроении. Безопасный ресурс авиационных конструкций.
- Принципы безопасного разрушения и допустимого повреждения самолетных конструкций. Усталостный процесс. Характеристики сопротивления усталости. Концентрация напряжений. Кривые усталости.
- Усталость при нестационарном периодическом нагружении.
- Усталостная долговечность при квазислучайном нагружении.
- Типизированные программы квазислучайного нагружения. Рассеяние характеристик усталости.
- Методы расчета усталостной долговечности.
- Линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений.
- Метод полных циклов. Эквивалентные напряжения. Деформационная теория усталости.
- Влияние температуры на усталостную долговечность.
- Влияние технологических факторов на усталостную долговечность.
- Влияние конструктивных факторов на усталостную долговечность соединений.
- Влияние эксплуатационных факторов на усталостную долговечность.
- Статистические характеристики усталостной долговечности соединений.
- Усталость продольных стыков крыла и фюзеляжа. Методики испытаний образцов материалов на усталость.
- Требования к характеристикам усталости конструкционных материалов.
- Сертификационные испытания крупногабаритных панелей и полномасштабных конструкций на усталость.
- Поле напряжений при вершине трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Пластическая зона при вершине трещины.
- Критерий Гриффитса. Концепция R-кривых J-интеграл.
- Аналитические методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Метод конечных элементов определения коэффициентов интенсивности напряжений. Экспериментальные методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Вязкость разрушения при плоской деформации. Разрушение при плоском напряженном состоянии.

- Скорость роста трещин при циклических нагрузках. Кинетические диаграммы скорости роста трещин.
- Формулы Пэриса, Формана и др. для расчета скорости роста трещин при регулярных нагрузках. Модель Уилера для расчета скорости роста трещин при нерегулярных нагрузках.
- Модель Уилленборга. Модель Элбера.
- Влияние металлургических факторов на трещиностойкость материалов.
- Основные характеристики живучести конструкций.
- Периодичность осмотров конструкций. Контролепригодность конструкций. Регламентированные повреждения.
- Остаточная прочность подкрепленных конструкций с трещиной в обшивке. Остаточная прочность герметических фюзеляжей.
- Остаточная прочность конструкций с поверхностными и угловыми трещинами. Критерии остаточной прочности конструкций с многоочаговыми трещинами. Рассеяние скорости роста трещин и остаточной прочности.
- Конструктивные методы обеспечения живучести. Конструктивные методы обеспечения живучести. Конструктивные методы обеспечения живучести.
- Рассеяние скорости роста трещин и остаточной прочности. Сертификационные испытания на живучесть натуральных конструкций.

Основная литература:

1. Марин Н.И. «Статическая выносливость элементов авиационных конструкций», Машиностроение, М., 1968.
2. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебнев В.Н., Родченко Т.С. «Сопrotивление усталости элементов конструкций», Машиностроение, М., 1990.
3. Форрест П. «Усталость металлов», Машиностроение, М., 1968.
4. Хейвуд Р.Б. «Проектирование с учетом усталости», Машиностроение, М., 1969.

### **Численные методы в аэроупругости**

Цель дисциплины:

- изложение теоретических основ и прикладных методов расчета стационарных и нестационарных аэродинамических характеристик летательных аппаратов (ЛА)

применительно к задачам аэроупругости и нормирования нагрузок на его агрегаты.

Задачи дисциплины:

- обеспечение точности вычисления аэродинамических характеристик ЛА на протяжении его жизненного цикла, начиная с этапа проектирования и заканчивая расчетно-методическим сопровождением мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкции в эксплуатации, является важной и сложной задачей, тесно связанной с вопросами обеспечения безопасности полетов и минимизации веса.

Изучение методов расчета нестационарных аэродинамических характеристик способствует формированию правильных подходов к нормированию нагрузок на агрегаты ЛА.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы численных методов определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов (основные уравнения, начальные и граничные условия);

- практические подходы к определению аэродинамических характеристик летательных аппаратов (последовательность проведения расчетов, схемы дискретизации несущей поверхности, границы применимости);

- связанные с учетом нестационарности особенности нагружения и нормирования нагрузок, действующих на отдельные агрегаты ЛА.

Уметь:

- использовать численные методы определения стационарных и нестационарных аэродинамических характеристик летательных аппаратов;

- критически анализировать результаты расчетов.

Владеть:

- навыками построения схем аэродинамической дискретизации несущей поверхности летательного аппарата;

- навыками получения аэродинамических характеристик новых летательных аппаратов на основе имеющихся результатов расчетов для летательных аппаратов со схожей конфигурацией.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Аэроупругость, ее место среди других дисциплин, основные уравнения.
- Геометрические параметры крыльев с прямыми кромками (трапециевидные симметричные крылья). Крылья сложной формы в плане (оживальные, с переменной стреловидностью).
- Кинематические параметры продольного движения упругого ЛА, подверженного внешним воздействиям.
- Передаточная функция и ее связь с коэффициентами аэродинамических производных порыва. Переходные функции.
- Коэффициенты присоединенных масс.
- Пересчет аэродинамических коэффициентов на другие характерные размеры. Пересчет аэродинамических коэффициентов на другие оси.
- Основные уравнения движения жидкости и газа: уравнение неразрывности, уравнение движения невязкого газа.
- Линеаризация уравнений аэроупругости (интеграла Коши-Лагранжа, уравнения неразрывности).
- Общая постановка задач обтекания ЛА. Начальные и граничные условия. Линейная постановка задачи обтекания ЛА.
- Вопросы схематизации ЛА. Модель схематизированного ЛА для расчета стационарных характеристик. Дискретизация схемы ЛА.
- Поле скоростей косоугольного стационарного вихря.
- Расчет напряженности вихрей при циркуляционном обтекании. Условия непротекания для стационарной задачи. Теорема Жуковского «в малом». Граничные условия на тонкой несущей поверхности.
- Аэродинамические коэффициенты. Суммарные и распределенные линейные аэродинамические характеристики.
- Некоторые точные решения для нестационарных характеристик профиля (задача Вагнера, задача Кюсснера).
- Нестационарные аэродинамические теории. Косой подковообразный вихрь при неустановившемся движении. Случай гармонической зависимости от времени.
- Поле скоростей косоугольного нестационарного вихря при малых числах Струхала.
- Система уравнений для определения интенсивности дискретных аэродинамических особенностей в случае гармонических колебаний жесткого крыла.
- Система уравнений для определения интенсивности дискретных аэродинамических особенностей при деформациях крыла.
- Система уравнений для определения напряженности вихрей при воздействии на крыло гармонического порыва.
- Расчет нестационарных коэффициентов аэродинамических производных в сжимаемой среде. Случай медленных гармонических колебаний.
- Связь между аэродинамическими производными потенциала в сжимаемой и несжимаемой средах.
- Расчет коэффициентов аэродинамических производных давления в сжимаемой и несжимаемой средах.
- Нагрузки в сжимаемой и несжимаемой средах.
- Коэффициенты аэродинамических производных суммарных сил и моментов по крылу в сжимаемой и несжимаемой средах.
- Метод расчета аэродинамических характеристик ЛА при произвольном неустановившемся движении на дозвуковых скоростях.

- Потенциал скоростей дискретного нестационарного вихря при произвольном изменении его интенсивности. Основные положения построения расчетной схемы вихревой системы.
- Потенциал скоростей, индуцируемый нестационарным вихрем, напряженность которого меняется скачкообразно.
- Рациональный путь решения линейных нестационарных задач аэродинамики. Применение интеграла Дюамеля для описания произвольных законов изменения граничных условий.
- Расчет аэродинамических характеристик в частотной области. Уточнение деформационной задачи. Постепенный вход в порыв.
- Некоторые точные решения для крыла бесконечного удлинения (функции Вагнера, Кюсснера, Сирса).
- Некоторые нестационарные характеристики для крыла конечного удлинения.
- Контроль точности определения аэродинамических характеристик по различным методам.
- Влияние нестационарности изменения аэродинамических сил на нагружение пилонов и двигателей самолета с крылом большого удлинения.
- Применение нестационарных аэродинамических методов для нормирования нагрузок на агрегаты самолета при полете в неспокойном воздухе.

#### Основная литература:

1. Бисплингхоф Р.Л., Халмэн Р.Л., Эшли Х. Аэроупругость. – М.: Иностранная литература, 1958. – 800 с.
2. Фын Я.Ц. Введение в теорию аэроупругости. – М: Физматгиз, 1959. – 523 с.
3. Белоцерковский С.М., Кочетков Ю.А., Красовский А.А., Новицкий В.В. Введение в аэроавтоупругость. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
4. Белоцерковский С.М., Скрипач Б.К., Табачников В.Г. Крыло в нестационарном потоке газа. – М.: Наука, 1971. – 768 с.
5. Белоцерковский С.М., Скрипач Б.К. Аэродинамические производные ЛА при дозвуковых скоростях. – М.: Наука, 1975. – 424 с.
6. Ништ М.И., Турчанников Г.И., Шипилов С.Д. Расчет нестационарных аэродинамических сил ЛА на дозвуковых скоростях. – Ученые записки ЦАГИ, том II, № 4, 1980.
7. Турчанников Г.И., Краснов А.П. Нагружение самолета в полете в двумерной атмосферной турбулентности с учетом нестационарного действия аэродинамических сил. Труды ЦАГИ № 2506, 1993. – 18 с.
8. Турчанников Г.И. Влияние нестационарности на нагружение пилонов и двигателей самолета с крылом большого удлинения. – Ученые записки ЦАГИ, том XII, № 5, 1981.

