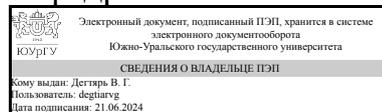


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



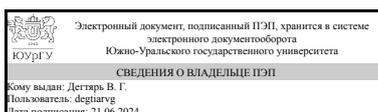
В. Г. Дегтярь

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.12 Проектирование систем теплозащиты и терморегуляции летательных аппаратов  
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов  
уровень Специалист  
специализация Ракетные транспортные системы  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Летательные аппараты

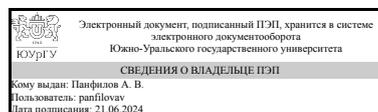
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
старший преподаватель



А. В. Панфилов

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Проектирование систем теплозащиты и терморегулирования ЛА» является освоение студентом системы знаний и практических навыков, необходимых для выполнения научно-исследовательской, проектной, экспериментальной и производственно-технологической видов профессиональной деятельности. Состоит в ознакомлении студентов с современными проблемами и методами защиты от внешнего теплового воздействия конструкций современных летательных аппаратов (ЛА); математическими моделями, алгоритмами расчетов температурных полей, выбора характера и толщины материалов теплозащитных покрытий (ТЗП) пассивного и активного типов для теплонапряженных элементов конструкции; физико-химическими процессами и механизмами разрушения материалов ТЗП конструктивных узлов ЛА; испытаниями, диагностикой и эксплуатационными требованиями к тепловой защите теплонапряженных узлов ЛА. В результате изучения дисциплины «Проектирование систем теплозащиты и терморегулирования ЛА» студенты должны: знать проблемы и актуальные задачи создания методов и средств тепловой защиты ЛА; назначение, области применения и методы тепловой защиты ЛА, ее классификацию по физическому принципу поглощения (отвода) теплоты ЛА; уметь создавать физические и математические модели, позволяющие анализировать тепловые процессы ЛА; использовать математический аппарат для определения тепловых нагрузок, уровней тепловых потоков конвективного и радиационного теплообмена в условиях применения «активной» (разрушающейся) и «пассивной» (неразрушающейся) систем тепловой защиты; описывать определяющий механизм разрушения материалов ТЗП в условиях интенсивного нагрева; применять навыки инженерных методов расчета температурных полей и выбора материалов, эффективных способов тепловой защиты и охлаждения элементов ЛА.

## **Краткое содержание дисциплины**

Учебная дисциплина «Проектирование систем теплозащиты и терморегулирования ЛА» в подготовке специалиста, в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания, заключается в том, что овладение в совокупности с другими учебными курсами создает основу для формирования у него теоретических знаний и практических навыков в области разработки, изготовления, испытаний и диагностики тепловой защиты элементов конструкции ЛА различных типов и назначения. Проблема тепловой защиты летательного аппарата от тепловых воздействий при движении ЛА с высокими скоростями в газовых средах. Проведены широкие исследования различных видов теплозащитных материалов и теплозащитных покрытий, обеспечивающих надежную тепловую защиту летательного аппарата. Разработана теория и исследованы основные закономерности термодинамики и теплообмена процессов воздействия высокоэнергетических высокотемпературных газовых потоков на различные конструкционные материалы. Курс дисциплины обобщает достижения отечественной и зарубежной науки в области аэродинамики, тепло- и массообмена и термодинамики применительно к проектированию и расчету тепловой защиты, рассматриваются механизм разрушения основных классов теплозащитных покрытий, методы экспериментальных исследований эффективности тепловой защиты в высокотемпературных газовых потоках. Учитывая, что в последнее время

наблюдается сближение требований к тепловой защите в энергетических установках и аппаратах космической техники, необходимость знания дисциплины велико. Основное внимание уделяется методам и материалам, рабочая температура которых превышает 1000 К. Внимание уделяется нахождению оптимального режима тепловой защиты, анализу тепловых, массообменных и химических процессов в теплозащитных покрытиях.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способен проводить техническое проектирование и создание изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствие с единой системой конструкторской документации и на базе современных программных комплексов</p>	<p>Знает: проблемы и актуальные задачи создания методов и средств тепловой защиты, назначение, области применения и методы тепловой защиты летательных аппаратов, классификацию по физическому принципу поглощения (отвода) теплоты летательных аппаратов            Умеет: создавать физические и математические модели, позволяющие анализировать тепловые процессы летательных аппаратов, использовать математический аппарат для определения тепловых нагрузок, уровней тепловых потоков конвективного и радиационного теплообмена в условиях применения «активной» (разрушающейся) и «пассивной» (неразрушающейся) систем тепловой защиты, описывать определяющий механизм разрушения материалов теплозащитных покрытий в условиях интенсивного нагрева            Имеет практический опыт: расчета температурных полей, навыки инженерных методов выбора материалов, выбора эффективных способов тепловой защиты и охлаждения элементов летательных аппаратов</p>

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Проектирование ракетно-технических комплексов,            Конструкции узлов и агрегатов летательных аппаратов,            Практикум по виду профессиональной деятельности,            Конструирование и изобретательство,            Конструкция двигательных установок летательных аппаратов,            Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов,            Техническая эксплуатация ракет и ракетных комплексов,            Проектирование сварных соединений в ракетно-</p>	<p>Производственная практика (преддипломная) (11 семестр)</p>

<p>космической технике,  Ракетные двигатели,  Проектирование спускаемых аппаратов,  Системы старта летательных аппаратов,  Электрооборудование летательных аппаратов,  Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники,  Диагностика технических систем,  Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов,  Эксплуатация ракетных комплексов и космических аппаратов,  Исполнительные устройства летательных аппаратов,  Системы управления летательными аппаратами,  Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов,  Устройство летательных аппаратов,  Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр),  Производственная практика (проектная) (8 семестр)</p>	
--	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Исполнительные устройства летательных аппаратов	<p>Знает: принципы работы исполнительных устройств летательными аппаратами: безредукторную и редукторную системы наддува; статические и динамические характеристики системы: трубопровод, емкость, жиклер. Умеет: определять статические и динамические характеристики исполнительных устройств летательных аппаратов Имеет практический опыт: расчета пневмогидросистем летательных аппаратов: гидросопротивлений в коротких трубопроводах, гидравлических расчетов проточной части обратного клапана и пироклапана и других элементов</p>
Техническая эксплуатация ракет и ракетных комплексов	<p>Знает: системы технического обслуживания и ремонта; современную проблематику в области эксплуатации стартовых и технических комплексов; принципы представления технологического процесса подготовки ракетно-космических систем как в виде абстрактных операций, так и с помощью математического моделирования Умеет: строить модели, воспроизводящие существенные аспекты подготовки летательного аппарата к пуску; модели функционирования системы эксплуатации объектов наземной инфраструктуры Имеет практический опыт: расчета оптимального периода проведения</p>

	профилактических работ с учетом средней наработки на отказ; моделирования процесса функционирования систем заправки, осуществляемого подвижными агрегатами обслуживания
Проектирование ракетно-технических комплексов	Знает: Методология проектирования ракетно-космической техники. Основные требования к разработке объектов ракетно-космической техники. Принципы выбора компоновочной схемы ракетносителя. Понятие «конструктивно-силовая схема». Принципы выбора конструктивно-силовой схемы ракетносителя. Массовые характеристики РН. Энергетические характеристики ракетносителя. Теоретические основы проектирования ракетно-космической техники Умеет: расчетов основных параметров и характеристик ракет и их отдельных узлов Имеет практический опыт: определения основных проектных параметров ракет по заданным летно-техническим характеристикам
Ракетные двигатели	Знает: физические основы ракетных двигателей, устройство жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и их компонентов, устройство ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ) и их элементов, внутрикамерные процессы ракетных двигателей Умеет: применять знания о реактивном движении и принципе действия ракетных двигателей; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ракетных двигателей Имеет практический опыт: применения основных соотношений теории реактивного двигателя, классифицирования ракетных двигателей и их агрегатов, работы на натуральных образцах ЖРД и РДТТ; выбора ракетных двигателей для ракетно-космических комплексов
Электрооборудование летательных аппаратов	Знает: общие принципы построения электротехнических комплексов и систем применительно к ракетной технике Умеет: оценить требуемую структуру и состав электрооборудования ракет и ракетных комплексов Имеет практический опыт: ориентировочного расчёта требуемых рабочих характеристик электрооборудования ракет и ракетных комплексов
Устройство летательных аппаратов	Знает: классификацию деталей и механизмов летательных аппаратов; основные требования к деталям, узлам и механизмам летательных аппаратов; общие принципы и правила конструирования деталей и узлов механизмов летательных аппаратов, инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей; Умеет: обосновывать выбор устройств в изделиях ракетно-космической техники; проводить

	<p>конструирование деталей и узлов механизмов летательных аппаратов с использованием системного подхода, решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности  Имеет практический опыт: расчета параметров деталей и узлов механизмов летательных аппаратов; разработки рабочих и сборочных чертежей деталей и узлов механизмов летательных аппаратов, управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки</p>
<p>Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники</p>	<p>Знает: современные методы проведения расчетов аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники  Умеет: применять современные системы автоматизированного проектирования при расчете аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники  Имеет практический опыт: проведения расчетов по определению аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники</p>
<p>Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов</p>	<p>Знает: технические характеристики и конструктивные особенности отечественных и зарубежных конструкций; основные требования к материалам, используемым в РГЧ и ББ; методы расчетов массовых характеристик с учетом запасов топлива на выполнение маневров РГЧ  Умеет: обосновать выбор компоновочных схем ГЧ; выбор топлив и характеристик двигательных установок; выбор способов маскировки и защиты всех элементов на трассе полета  Имеет практический опыт: составления расчетных зависимостей для оценки компоновочных схем, массово-габаритных характеристик проектируемых объектов</p>
<p>Конструкции узлов и агрегатов летательных аппаратов</p>	<p>Знает: назначение, состав и конструкцию узлов, агрегатов летательных аппаратов; условия функционирования летательных аппаратов; отечественный и зарубежный опыт использования ракетно-космической техники  Умеет: проводить сравнения конструкций и обосновывать выбор лучших вариантов; изучать и анализировать технические данные; читать и анализировать проектную и рабочую конструкторскую документацию для определения состава и устройства летательных аппаратов  Имеет практический опыт:</p>

	инженерных и теоретических расчетов и моделирования, связанных с выбором рациональных конструктивно-компоновочных и конструктивно-силовых схем изделий авиационной и ракетно-космической техники
Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов	Знает: современные методы поиска новых технических решений при проектировании изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов; правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для элементов конструкций изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов; конструкционные свойства композиционных материалов Умеет: обосновывать предлагаемые технические решения при проектировании изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов; проводить расчеты на прочность узлов и отсеков конструкции изделий летательных аппаратов из композиционных материалов; определять работоспособность композиционного материала по критерию прочности; Имеет практический опыт: прочностного анализа узлов и отсеков конструкции изделий летательных аппаратов из композиционных материалов
Проектирование спускаемых аппаратов	Знает: методы проектирования отсеков ракет для полезной нагрузки - корпусов моноблочных и разделяющихся головных частей и систем, обеспечивающих функционирование головных частей; особенности полезных грузов баллистических ракет Умеет: обосновать выбор компоновочных схем головных частей; выбор топлив и характеристик двигательных установок; выбор способов маскировки и защиты всех элементов на трассе полета Имеет практический опыт: составления расчетных зависимостей для оценки компоновочных схем, массово-габаритных характеристик проектируемых объектов
Конструкция двигательных установок летательных аппаратов	Знает: компоновку, назначение, параметры двигательных установок ракетно-космической техники; состав и основные параметры жидких и твердых топлив; ПГС двигательных установок ракетно-космической техники и их состав; назначение, состав, конструкцию основных агрегатов ракетных двигателей (ЖРД, РДТТ, ЭРД, ЯРД, РДМТ) Умеет: применять знания о реактивном движении и принципе действия ракетных двигателей в составе двигательных установок ракетно-космической техники; формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ракетных двигателей двигательных установок ракетно-космической техники Имеет практический опыт: применения основных соотношений теории реактивного

	двигателя, классифицирования ракетных двигателей и их агрегатов, работы на натуральных образцах двигательных установок ракетно-космической техники с ЖРД, в том числе РДМТ, и РДТТ; выбора ракетных двигателей для ракетно-космических комплексов
Системы управления летательными аппаратами	<p>Знает: конструктивные схемы основных элементов систем управления летательными аппаратами; способы описания летательных аппаратов как объектов управления; принципы построения и функционирования систем управления летательных аппаратов; современные методы исследования и расчета систем управления летательных аппаратов</p> <p>Умеет: рассчитывать характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов, оценивать их изменение при эксплуатации; анализировать влияние эксплуатационных факторов, отказов и неисправностей систем летательных аппаратов на его летно-технические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости</p> <p>Имеет практический опыт: применения современных методов, методик, математических моделей и технологий, позволяющих осуществлять разработку и проектирование систем управления летательными аппаратами</p>
Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов	<p>Знает: основные технологические процессы изготовления изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов; основные виды композиционных материалов, их состав.</p> <p>Умеет: осуществлять подбор композиционных материалов для изготовления изделий ракетно-космической техники; подбирать типовые технологические процессы изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов.</p> <p>Имеет практический опыт: разработки технологических процессов изготовления изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов</p>
Практикум по виду профессиональной деятельности	<p>Знает: принципы использования современного программного обеспечения; методики проведения прочностных и динамических расчетов изделий РКТ, устройство, конструкцию и принцип действия подсистем и агрегатов, процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники; основные законы реактивного движения, элементы теории полета, методы определения показателей надежности и формы задания требований к надежности изделий ракетно-космической техники</p> <p>Умеет: проводить прочностные и динамические расчеты изделий с использованием современных программных средств, читать и анализировать проектную и рабочую конструкторскую</p>

	<p>документацию для определения состава и устройства изделия с получением необходимых данных для его разработки и изготовления, разрабатывать математические модели для задания и нормирования требований надежности изделий ракетно-космической техники Имеет практический опыт: создания компьютерных моделей изделий РКТ и проведения прочностных и динамических расчетов с использованием современных программных средств, разработки узлов и агрегатов ракет с использованием современных программных средств САПР, оценки рисков возможных отказов изделий ракетно-космической техники</p>
<p>Проектирование сварных соединений в ракетно-космической технике</p>	<p>Знает: методы и принципы проектирования сварных соединений с учетом особенностей изделий ракетно-космической техники Умеет: проводить проектирование сварных конструкций с учетом фактора технологического и эксплуатационного характера Имеет практический опыт: проектирования сварных соединений с учетом особенностей изделий ракетно-космической техники</p>
<p>Эксплуатация ракетных комплексов и космических аппаратов</p>	<p>Знает: современную проблематику в области эксплуатации ракетно-космических комплексов; принципы представления эксплуатационного процесса как в виде абстрактных операций, так и с помощью математического моделирования Умеет: строить модели, воспроизводящие существенные аспекты эксплуатации ракетно-космического комплекса Имеет практический опыт: исследования проблем эксплуатации ракетно-космической техники</p>
<p>Системы старта летательных аппаратов</p>	<p>Знает: состав и конструкцию элементов систем старта летательных аппаратов Умеет: выбирать требуемые расчетные системы старта летательных аппаратов для решения задач проектирования ракет-носителей Имеет практический опыт: владения методами анализа и синтеза, подходами инженерных основ создания систем старта летательных аппаратов</p>
<p>Конструирование и изобретательство</p>	<p>Знает: основные законы эволюции технических систем; основные источники информации для принятия технических решений; подходы и методы современной теории решения изобретательских задач Умеет: применять основные законы эволюции технических систем к анализу тенденций развития ракетной техники; оценивать полноту и достоверность получаемой информации для принятия технических решений Имеет практический опыт: выявления противоречий в конструкции и решение задач по их устранению с использованием методов теории решения изобретательских задач</p>
<p>Диагностика технических систем</p>	<p>Знает: основные диагностические параметры и</p>

	<p>методы их контроля; принципы проведения технической диагностики; основы прогнозирования состояния объекта эксплуатации, методы неразрушающего контроля; компьютерные технологии для проведения диагностических испытаний Умеет: проводить диагностирование технического состояния конструкций, сооружений и технических систем; пользоваться основными методами прогнозирования технического состояния объекта эксплуатации; организовать работы по проведению технической диагностики Имеет практический опыт: выбора диагностической аппаратуры; анализа данных технической диагностики; выбора диагностических признаков и параметров, прогнозирования технического состояния объекта эксплуатации; обработки и анализа результатов технической диагностики</p>
<p>Производственная практика (проектная) (8 семестр)</p>	<p>Знает: системы и методы проектирования ракетно-космической техники; методики проведения расчетов при конструировании ракетно-космической техники, основные модели командообразования и факторы, влияющие на эффективность командной работы, методики самооценки, самоконтроля и саморазвития Умеет: вносить технические данные в облачную корпоративную систему для всесторонней оценки, проработки и корректировки в режиме реального времени, актуализировать ее, планировать и корректировать работу команды с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов, решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности Имеет практический опыт: разработки математических моделей реальных явлений и процессов, описывающих функционирование проектируемых составных частей, изделий ракетно-космической техники, организации совместной работы в команде для достижения поставленной цели, управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни</p>
<p>Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр)</p>	<p>Знает: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения; устройство, конструкцию и принцип действия подсистем и агрегатов, процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники; основные законы реактивного движения, элементы теории полета Умеет: применять методики самооценки и самоконтроля; , читать и анализировать</p>

	проектную и рабочую конструкторскую документацию для определения состава и устройства изделия с получением необходимых данных для его разработки и изготовления Имеет практический опыт: управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, разработки узлов и агрегатов ракет с использованием современных программных средств САПР
--	---

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5	
подготовка к экзамену	20	20	
подготовка к практическим занятиям	31,5	31,5	
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ЕЁ НЕОБХОДИМОСТЬ И НАЗНАЧЕНИЕ	5	3	2	0
2	ТЕРМОГАЗОДИНАМИКА ГИПЕРЗВУКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ	5	3	2	0
3	ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ С ПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ	5	3	2	0
4	ТЕПЛО- И МАССООБМЕН НА НЕПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБТЕКАНИИ ТЕЛА ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ	5	3	2	0
5	ОСОБЕННОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПОЛЕТЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ПЛОТНЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ С ГИПЕРЗВУКОВЫМИ СКОРОСТЯМИ	4	3	1	0
6	МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ	4	3	1	0

	ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ				
7	ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ. РАЗРУШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ	4	3	1	0
8	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ.	4	3	1	0
9	Основные характеристики агрессивных сред	6	4	2	0
10	Жаропрочные и жаростойкие материалы	6	4	2	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ТРАЕКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.	3
2	2	ПОНЯТИЕ ГИПЕРЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ. ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА ОБТЕКАНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ. ТЕРМОДИНАМИКА ГИПЕРЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ.	3
3	3	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ.	3
4	4	МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА ТЕПЛОТЫ В ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ. УСЛОВИЯ ПОДОБИЯ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ПРОФИЛЕЙ СКОРОСТИ, ЭНТАЛЬПИИ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. ЗАКОН КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА НЬЮТОНА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ. АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОБТЕКАНИИ ТЕЛА ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.	3
5	5	НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ. МЕХАНИЗМ БЛОКИРОВКИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ. ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ. АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. РАСЧЕТ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА И ТРЕНИЯ ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ПЕРФОРИРОВАННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ.	3
6	6	ОСОБЕННОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА НА НЕПРОНИЦАЕМОЙ СТЕНКЕ. ОСОБЕННОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА НА ПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ. ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ПОРИСТЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ. ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ И РАДИАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА С ЖИДКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ.	3

7	7	ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТЕПЛОВУЮ ЗАЩИТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ РАЗНЫХ КЛАССОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ.ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ.	3
8	8	МЕХАНИЗМ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХА. МЕХАНИЗМ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХА. РАЗРУШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ. МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ РАЗЛАГАЮЩИХСЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.	3
9	9	ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД,	4
10	10	ЖАРОПРОЧНЫЕ И ЖАРОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ,	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ТРАЕКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.	2
2	2	ПОНЯТИЕ ГИПЕРЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ. ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА ОБТЕКАНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ. ТЕРМОДИНАМИКА ГИПЕРЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ	2
3	3	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ.	2
4	4	МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА ТЕПЛОТЫ В ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ. УСЛОВИЯ ПОДОБИЯ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ПРОФИЛЕЙ СКОРОСТИ, ЭНТАЛЬПИИ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. ЗАКОН КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА НЬЮТОНА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ. АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОБТЕКАНИИ ТЕЛА ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.	2
5	5	НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ. МЕХАНИЗМ БЛОКИРОВКИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ.ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ.АНАЛОГИЯ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ.РАСЧЕТ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА И ТРЕНИЯ ПРИ ВДУВЕ ГАЗА В ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ.РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ВДУВЕ ГАЗА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ПЕРФОРИРОВАННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ.	1

6	6	ОСОБЕННОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА НА НЕПРОНИЦАЕМОЙ СТЕНКЕ. ОСОБЕННОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА НА ПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ. ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ И РАДИАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА С ЖИДКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ. ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ПОРИСТЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ.	1
7	7	ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТЕПЛОВУЮ ЗАЩИТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ РАЗНЫХ КЛАССОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ.	1
8	8	РАЗРУШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ. МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ РАЗЛАГАЮЩИХСЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ. МЕХАНИЗМ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХА. МЕХАНИЗМ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХА.	1
9	9	ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД,	2
10	10	ЖАРОПРОЧНЫЕ И ЖАРОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ,	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
подготовка к экзамену	Основы идентификации и проектирования тепловых процессов и систем Учеб. пособие О. М. Алифанов, П. Н. Вабищевич, В. В. Михайлов и др.; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высшего образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг."; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг.". - М.: Логос, 2001. - 399 с. ил. Электронный каталог ЮУрГУ	10	20
подготовка к практическим занятиям	Полежаев, Ю. В. Тепловая защита / Под ред. А. В. Лыков, М. : Энергия , 1976, 391 с. : ил. Электронный каталог ЮУрГУ	10	31,5

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	10	Промежуточная аттестация	экзамен	-	10	<p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используются БРС оценивание результатов учебной деятельности обучающегося (утвержденные приказом ректора от 24.05.19 № 179 и №"%"-13/09 от 10.03.2022). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля <math>R_{тек}</math>. Для расчета рейтинга обучающегося по дисциплине используется следующая формула: <math>R_d = R_{тек} + R_б</math>. Если по текущему контролю рейтинг ниже 60%, то студент проходит процедуру зачета. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения рейтинга и может получить оценку по дисциплине согласно п. 2.4 Положения. Процедура проведения промежуточной аттестации следующая: Оценка за дисциплину формируется на основе величины рейтинга обучающегося по дисциплине. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения итогового результата. (Экзамен проводится в письменной форме. Студент получает 5 вопросов. Мах 10 баллов. (Правильный ответ -2 балл, частично правильный - 1 балла, неправильный ответ - 0 баллов. (Отлично : 65 - 100 %; хорошо : 75 -84 %; удовлетворительно: 60 - 74 %; неудовлетворительно : 0 - 59 %).</p>	экзамен
2	10	Текущий контроль	Письменный опрос	1	3	<p>Опрос проводится в письменной форме на практическом занятии в течении 15 минут. Студент получает 3 вопроса. (Правильный ответ -1 балл, частично правильный - 0,5 балла, неправильный ответ - 0 баллов. Мах 3 балла .(Зачтено: 60 и более % рейтинга</p>	экзамен

						мероприятия ,т.е. 1,5 баллов и более. Не зачтено: менее 60% рейтинга мероприятия или менее 1,5 балла.)	
3	10	Текущий контроль	Письменный опрос	1	3	Опрос проводится в письменной форме на практическом занятии в течении 15 минут. Студент получает 3 вопроса. (Правильный ответ -1 балл, частично правильный - 0,5 балла, неправильный ответ - 0 баллов. Мах 3 балла .(Зачтено: 60 и более % рейтинга мероприятия ,т.е. 1,5 баллов и более. Не зачтено: менее 60% рейтинга мероприятия или менее 1,5 балла.)	экзамен
4	10	Текущий контроль	Устный опрос	1	2	Опрос проводится устно на практическом занятии . Студент получает 1 вопрос. (Правильный ответ -2балл, частично правильный - 1 балла, неправильный ответ - 0 баллов. Мах 2 балла .	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>экзамен проводится в письменной форме. Студент получает 5 вопросов. (Правильный ответ -2 балл, частично правильный - 1 балла, неправильный ответ - 0 баллов. Мах 10 баллов за экзамен. (Отлично : 65 - 100 %; хорошо : 75 -84 %; удовлетворительно: 60 - 74 %; неудовлетворительно : 0 - 59 %.</p> <p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используются БРС оценивание результатов учебной деятельности обучающегося (утвержденные приказом ректора от 24.05.19 № 179 и №"%-13/09 от 10.03.2022). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля Ртек.Для расчета рейтинга обучающегося по дисциплине используется следующая формула: <math>R_d = R_{тех} + R_b</math>. Если по текущему контролю рейтинг ниже 60%,то студент проходит процедуру зачета. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения рейтинга и может получить оценку по дисциплине согласно п. 2.4 Положения. Процедура проведения промежуточной аттестации следующая: Оценка за дисциплину формируется на основе величины рейтинга обучающегося по дисциплине. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения итогового результата.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: проблемы и актуальные задачи создания методов и средств тепловой защиты, назначение, области применения и методы тепловой защиты летательных аппаратов, классификацию по физическому принципу	+			

	поглощения (отвода) теплоты летательных аппаратов			
ПК-1	Умеет: создавать физические и математические модели, позволяющие анализировать тепловые процессы летательных аппаратов, использовать математический аппарат для определения тепловых нагрузок, уровней тепловых потоков конвективного и радиационного теплообмена в условиях применения «активной» (разрушающейся) и «пассивной» (неразрушающейся) систем тепловой защиты, описывать определяющий механизм разрушения материалов теплозащитных покрытий в условиях интенсивного нагрева	+		
ПК-1	Имеет практический опыт: расчета температурных полей, навыки инженерных методов выбора материалов, выбора эффективных способов тепловой защиты и охлаждения элементов летательных аппаратов	+		

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Основы идентификации и проектирования тепловых процессов и систем Учеб. пособие О. М. Алифанов, П. Н. Вабищевич, В. В. Михайлов и др.; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высшего образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг."; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг.". - М.: Логос, 2001. - 399 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Основы идентификации и проектирования тепловых процессов и систем Учеб. пособие О. М. Алифанов, П. Н. Вабищевич, В. В. Михайлов и др.; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высшего образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг."; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундамент. науки на 1997-2000 гг.". - М.: Логос, 2001. - 399 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник ЮУрГУ, "Математическое моделирование и программирование"
2. Вестник ЮУрГУ, "Машиностроение"

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. нет

### Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

2. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ"  
(<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	246 (2)	основное оборудование, компьютерная техника
Самостоятельная работа студента	246 (2)	компьютерная техника, программное обеспечение
Практические занятия и семинары	246 (2)	основное оборудование, компьютерная техника