ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Дегтярь В. Г.
Пользователь: degtiarvg
Дата подписания: 18.05.2022

В. Г. Дегтярь

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С1.12 Проектирование систем теплозащиты и терморегуляции летательных аппаратов
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень Специалитет
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.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Дегтярь В. Г.
Пользователь: degtiarvg
Дата подписания: 17.05.2022

В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., снс, доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Тепляков Ю. Н.
Пользователь: tepliakovyn
Дата подписания: 17.05.2022

Ю. Н. Тепляков

Челябинск

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 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
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	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

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Техническая эксплуатация ракет и ракетных комплексов, Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники, Проектирование сварных соединений в ракетно-космической технике, Проектирование изделий ракетно-космической техники из композитных материалов, Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов, Устройство летательных аппаратов, Конструирование и изобретательство, Диагностика технических систем, Проектирование спускаемых аппаратов,	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)

Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов, Системы старта летательных аппаратов, Проектирование ракетно-технических комплексов, Эксплуатация ракетных комплексов и космических аппаратов, Конструкция двигательных установок летательных аппаратов, Ракетные двигатели, Системы управления летательными аппаратами, Исполнительные устройства летательных аппаратов, Конструкции узлов и агрегатов летательных аппаратов, Практикум по виду профессиональной деятельности, Производственная практика, проектная практика (8 семестр)	

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

Дисциплина	Требования
Проектирование сварных соединений в ракетно-космической технике	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
Проектирование специальных систем ракет и космических аппаратов	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
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 натурных образцах ЖРД и РДТТ; выбора ракетных двигателей для ракетно-космических комплексов
Конструкции узлов и агрегатов летательных аппаратов	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: инженерных и теоретических расчетов и моделирования, связанных с выбором рациональных конструктивно-компоновочных и конструктивно-силовых схем изделий авиационной и ракетно-космической техники
Проектирование ракетно-технических комплексов	Знает: Методология проектирования ракетно-космической техники. Основные требования к разработке объектов ракетно-космической техники. Принципы выбора компоновочной схемы ракетоносителя. Понятие «конструктивно-силовая схема». Принципы выбора конструктивно-силовой схемы ракетоносителя. Массовые характеристики РН. Энергетические характеристики ракетоносителя. 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
Исполнительные устройства летательных аппаратов	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
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
Практикум по виду профессиональной деятельности	Знает: методы определения показателей надежности и формы задания требований к надежности изделий ракетно-космической техники, 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 Умеет: разрабатывать математические модели для задания и нормирования требований надежности изделий ракетно-космической техники, проводить прочностные и динамические расчеты изделий с использованием современных программных средств, читать и анализировать проектную и рабочую конструкторскую документацию для определения состава и устройства изделия с получением необходимых данных для его разработки и изготовления Имеет практический опыт: оценки рисков возможных отказов изделий ракетно-космической техники, 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
Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники	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
Устройство летательных аппаратов	Знает: инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей;, 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 Умеет: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствованиясобственной деятельности , обосновывать выбор устройств в изделиях ракетно-космической техники; проводить конструирование деталей и узлов механизмов летательных аппаратов с использованием системного подхода Имеет практический опыт: управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, расчета параметров деталей и узлов механизмов летательных аппаратов; разработки рабочих и сборочных чертежей деталей и узлов механизмов летательных аппаратов
Эксплуатация ракетных комплексов и космических аппаратов	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
Конструирование и изобретательство	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
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
Системы старта летательных аппаратов	Знает: состав и конструкцию элементов систем старта летательных аппаратов Умеет: выбирать требуемые расчетные систем 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
Техническая эксплуатация ракет и ракетных комплексов	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 профилактических работ с учетом средней наработки на отказ; моделирования процесса функционирования систем заправки, осуществляемого подвижными агрегатами обслуживания
Диагностика технических систем	Знает: основные диагностические параметры и 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
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 натурных 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	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 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 Имеет практический опыт: применения современных методов, методик, математических моделей и технологий, позволяющих осуществлять разработку и проектирование систем управления летательными аппаратами
Технология производства изделий летательных аппаратов из композитных материалов	Знает: основные технологические процессы изготовления изготовления изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов; основные виды композиционных материалов, их состав. Умеет: осуществлять подбор композиционных материалов для изготовления изделий ракетно-космической

	техники; подбирать типовые технологические процессы изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов. Имеет практический опыт: разработки технологических процессов изготовления изделий ракетно-космической техники из композиционных материалов
Производственная практика, проектная практика (8 семестр)	Знает: системы и методы проектирования ракетно-космической техники; методики проведения расчетов при конструировании ракетно-космической техники, методики самооценки, самоконтроля и саморазвития, основные модели командообразования и факторы, влияющие на эффективность командной работы Умеет: вносить технические данные в облачную корпоративную систему для всесторонней оценки, проработки и корректировки в режиме реального времени, актуализировать ее, решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности, планировать и корректировать работу команды с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов Имеет практический опыт: разработки математических моделей реальных явлений и процессов, описывающих функционирование проектируемых составных частей, изделий ракетно-космической техники, управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, организации совместной работы в команде для достижения поставленной цели

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
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	51,5	51,5

с применением дистанционных образовательных технологий	0	
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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	4	3	1	0
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	3

		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.	
5	5	НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ. МЕХАНИЗМ БЛОКИРОВКИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО 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 ТЕПЛОВОГО 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	Учи-тыва-ется в ПА
1	10	Проме-жуточная аттестация	экзамен	-	10	В соответствии с Положением о бально-рейтинговой системе (Приказ ректора от 24.05.2019 №179) экзамен проводится в письменной форме. Студент получает 5 вопросов. Мах 10 баллов. (Правильный ответ -2 балл, частично правильный - 1 балла, неправильный ответ - 0 баллов. (0тлично : 65 - 100 %; хорошо : 75 -84 %; удовлетворительно: 60 - 74 %; неудовлетворительно : 0 - 59 %.)	экзамен
2	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

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	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. (0тлично : 65 - 100 %; хорошо : 75 -84 %; удовлетворительно: 60 - 74 %; неудовлетворительно : 0 - 59 %.	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)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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