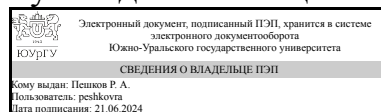


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель специальности



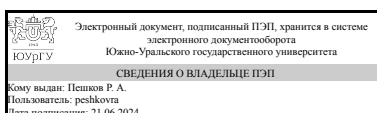
Р. А. Пешков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.18 Термодинамика и теплопередача  
**для специальности** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
**уровень** Специалитет  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

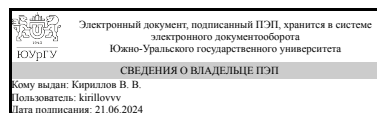
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н.



Р. А. Пешков

Разработчик программы,  
д.техн.н., доц., профессор



В. В. Кириллов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Представление обучающимся знаний о законах термодинамики, тепловых свойствах рабочих тел, закономерностях протекания термодинамических процессов, основных видах и закономерностях процессов теплообмена, являющихся базовыми при изучении специальных дисциплин и дисциплин специализации.

## Краткое содержание дисциплины

Термодинамика представляет собой науку о закономерностях преобразования энергии. Термодинамика позволяет определить возможность и направленность протекания различных физико-химических процессов. Теплопередача изучает механизмы переноса тепла в различных процессах в науке и технике и является теоретической основой проектирования теплообменных аппаратов различного назначения.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                      | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности | Знает: основные физические положения, законы механики, термодинамики и теплопередачи, описывающие рабочие процессы в двигательных установках ракетно-космической техники<br>Умеет: применять методы термодинамики и теплопередачи при анализе рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники<br>Имеет практический опыт: владения навыками проведения тепловых расчетов рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Перечень последующих дисциплин, видов работ                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.О.16 Теоретическая механика,<br>1.О.15 Начертательная геометрия и инженерная графика,<br>1.О.12 Химия,<br>1.О.35 Материаловедение,<br>1.О.11.02 Математический анализ,<br>1.О.11.03 Специальные главы математики,<br>1.О.17 Сопротивление материалов,<br>1.О.34 Метрология, стандартизация и сертификация,<br>1.О.11.04 Теория вероятностей и математическая статистика,<br>1.О.11.01 Алгебра и геометрия,<br>1.О.13 Физика,<br>1.О.36 Электротехника и электроника | 1.О.20 Электрооборудование летательных аппаратов,<br>1.О.39 Проектирование тепломассообменных аппаратов,<br>1.О.29 Теплообмен в авиационных и ракетных двигателях |

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

| Дисциплина                                                | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.О.11.04 Теория вероятностей и математическая статистика | <p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплины "Теория вероятностей и математической статистики": комбинаторику; теоремы сложения и умножения вероятностей; формулу полной вероятности и формула Байеса; формула Бернулли; локальную и интегральную теоремы Муавра-Лапласа; формулу Пуассона; числовые характеристики дискретных случайных величин и их свойства; функцию распределения; биномиальный, геометрический и гипергеометрический законы распределения дискретных случайных величин; непрерывные случайные величины; функции распределения и плотности распределения; равномерное и показательное распределения; нормальное распределение; центральную предельную теорему; основные понятия статистики; оценки теоретических параметров; доверительный интервал; проверка статистических гипотез.</p> <p>Умеет: профессионально решать классические ( типовые ) задачи по данной дисциплине, применять математические методы для решения типовых профессиональных задач, ориентироваться в справочной математической литературе, приобретать новые математические знания, используя современные образовательные и информационные технологии.</p> <p>Имеет практический опыт: владения методами теории вероятностей и математической статистики, необходимые для формирования данной компетенции</p> |
| 1.О.11.01 Алгебра и геометрия                             | <p>Знает: основные термины и понятия линейной алгебры и аналитической геометрии; наиболее важные приложения линейной алгебры и аналитической геометрии в различных областях других естественно-научных и профессиональных дисциплин</p> <p>Умеет: производить основные операции над матрицами, вычислять определители, исследовать и решать системы линейных уравнений, проводить основные операции над векторами в координатах, применять формулы для вычисления расстояний, углов, площадей и объемов различных фигур, составлять уравнения фигур 1-го и 2-го порядка на плоскости и в пространстве</p> <p>Имеет практический опыт: владения методом приведения определителя к</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | треугольному виду, методом Крамера и методом Гаусса для решения систем линейных уравнений, координатным методом изучения фигур на плоскости и в пространстве                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.О.36 Электротехника и электроника    | <p>Знает: основные законы электрических и магнитных цепей устройство и принципы действия трансформаторов, электрических машин и электронных устройств, их рабочие характеристики; основы безопасности при использовании электротехнических и электронных приборов и устройств</p> <p>Умеет: читать электрические схемы, грамотно применять в своей работе электротехнические и электронные приборы и устройства; определять простейшие неисправности при работе электротехнических и электронных устройств; выбирать эффективные и безопасные исполнительные механизмы при эксплуатации электротехнических и электронных устройств. Имеет практический опыт: владения навыками расчета и эксплуатации электрических цепей из электротехнических и электронных устройств</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1.О.12 Химия                           | <p>Знает: о строении вещества и природе химической связи; о периодичности свойств элементов и их соединений; об основных химических системах и процессах; о реакционной способности веществ, обусловленной термодинамическими и кинетическими параметрами систем; о фундаментальных константах, о методах химической идентификации и определения веществ; об электрохимических процессах и их применении на практике; о свойствах важнейших материалов, в том числе, металлов и сплавов</p> <p>Умеет: использовать основные понятия химии; использовать периодический закон для характеристики строения и свойств элементов и их соединений; использовать законы, управляющие химическими системами и процессами в них, в том числе, для расчета составов и приготовления реакционных смесей; определять физико-химические свойства материалов; обрабатывать результаты эксперимента; осуществлять на базе требуемых физико-химических характеристик выбор материала</p> <p>Имеет практический опыт: владения навыками по составлению уравнений химических реакций; обращению с реактивами, приборами и оборудованием и использовать их для проведения экспериментов; соблюдению техники безопасности; по обработке результатов опыта и оформлению отчетов</p> |
| 1.О.11.03 Специальные главы математики | Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения математической физики", "Теория                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | <p>функций комплексного переменного",<br/> "Преобразование Лапласа": Степенные ряды;<br/> ряды Тейлора и Маклорена; разложение функций<br/> в степенной ряд; тригонометрические ряды<br/> Фурье; канонические формы и классификация<br/> линейных дифференциальных уравнений 2-го<br/> порядка; решение задачи о колебаниях струны<br/> методом Фурье; решение уравнения<br/> теплопроводности методом Фурье; решение<br/> краевых задач для уравнения Лапласа в круге и<br/> полуплоскости; элементарные функции<br/> комплексной переменной; дифференцирование<br/> функций комплексной переменной; условия<br/> Коши-Римана; интеграл от функции<br/> комплексной переменной; теорема Коши;<br/> интегральная формула Коши; ряды Тейлора и<br/> Лорана; изолированные особые точки функции;<br/> вычеты и их применение к вычислению<br/> интегралов; определение функции-оригинала и<br/> ее изображения по Лапласу; таблицу<br/> стандартных изображений; обращение<br/> преобразования Лапласа; приложения<br/> операционного исчисления к решению линейных<br/> дифференциальных уравнений и их систем.<br/> Умеет: профессионально решать<br/> классические ( типовые ) задачи по данным<br/> дисциплинам, применять математические методы<br/> для решения типовых профессиональных<br/> задач, ориентироваться в справочной<br/> математической литературе, приобретать новые<br/> математические знания, используя современные<br/> образовательные и информационные технологии<br/> Имеет практический опыт: владения<br/> методом Фурье при решении задач<br/> математической физики; методами теории<br/> функций комплексного переменного и<br/> операционного исчисления</p> |
| 1.О.35 Материаловедение | <p>Знает: как творчески применять основные законы<br/> естественнонаучных дисциплин<br/> в профессиональной деятельности, и<br/> как применять методы математического анализа<br/> и моделирования, теоретического<br/> и экспериментального<br/> исследования; характеристики основных и<br/> вспомогательных материалов, используемых при<br/> изготовлении ракетно-космической техники<br/> Умеет: творчески применять основные<br/> законы естественно-научных дисциплин<br/> в профессиональной деятельности и<br/> уметь применять методы математического<br/> анализа и моделирования, теоретического<br/> и экспериментального исследования;<br/> выбирать основные и вспомогательные<br/> материалы, используемые при изготовлении<br/> ракетно-космической техники<br/> Имеет<br/> практический опыт: выбора основных</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | и вспомогательных материалов, используемых при изготовлении ракетно-космической техники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.О.11.02 Математический анализ                      | <p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа. Умеет: самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять математические модели простых задач реальных процессов и проводить их анализ. Имеет практический опыт: владения навыками работы с учебной и учебно-методической литературой; навыками употребления математической символики для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений.</p>                                                                                                                                                                                                            |
| 1.О.15 Начертательная геометрия и инженерная графика | <p>Знает: основы построения чертежа, закономерности получения изображений; правила выполнения чертежей деталей, сборочных единиц и элементов конструкций; требования стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технической документации (ЕСТД) к оформлению и составлению чертежей, методы решения инженерно-геометрических задач на чертеже. Умеет: решать геометрические задачи посредством чертежа; анализировать форму предметов по их чертежам, строить и читать чертежи; решать инженерно-геометрические задачи на чертеже; применять нормативные документы и государственные стандарты, необходимые для оформления чертежей и другой конструкторско-технологической документации; уметь применять ручные (карандаш и бумага) для построения чертежей и изучения пространственных свойств геометрических объектов. Имеет практический опыт: построения и чтения чертежа; выполнения проекционных чертежей и оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД</p> |
| 1.О.17 Сопротивление материалов                      | <p>Знает: основные принципы сопротивления материалов, классификацию видов нагружения стержня, механические характеристики материалов, основные положения теорий напряженного и деформированного состояний, гипотезы начала пластических деформаций и разрушения при сложном нагружении; основные положения энергетического метода</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | определения перемещений, методов раскрытия статической неопределимости, методы расчета конструкций с учетом сил инерции, свойства материалов при циклически изменяющихся напряжениях Умеет: определять внутренние силовые факторы в поперечном сечении стержня, выполнять расчеты на прочность и жесткость при простых видах нагружения и при сложном нагружении стержня Имеет практический опыт: владения навыками расчетов на прочность и жесткость стержневых систем                                                                                                                                                     |
| 1.О.34 Метрология, стандартизация и сертификация | Знает: технические задания на проектирование и изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки Умеет: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки Имеет практический опыт: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.О.16 Теоретическая механика                    | Знает: постановки классических задач теоретической механики; основные понятия и аксиомы законы, принципы теоретической механики фундаментальные понятия кинематики и кинетики, основные законы равновесия и движения материальных объектов Умеет: оценивать корректность поставленной задачи; применять основные законы теоретической механики Имеет практический опыт: владения методами математического моделирования статического, кинематического и динамического состояния механических систем                                                                                                                         |
| 1.О.13 Физика                                    | Знает: законы окружающего мира и их взаимосвязи; основы естественнонаучной картины мира; основные физические теории и пределы их применимости для описания явлений природы и решения современных и перспективных профессиональных задач; историю и логику развития физики и основных ее открытий Умеет: применять положения фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми придется сталкиваться при создании, развитии или использовании новой техники и новых технологий Имеет практический опыт: владения методами решения физических задач, теоретического и экспериментального исследования |

#### 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                     |
|                                                                                  |             | 5                                  |
| 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                               |
| изучение конспекта лекций, основной и дополнительной литературы                  | 36,5        | 36,5                               |
| подготовка к экзамену. см. конспект лекций, основную и дополнительную литературу | 15          | 15                                 |
| 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         | Термодинамика                    | 16                                        | 10 | 6  | 0  |
| 2         | Теплопроводность                 | 8                                         | 4  | 4  | 0  |
| 3         | Конвективный теплообмен          | 16                                        | 12 | 4  | 0  |
| 4         | Теплообмен излучением            | 8                                         | 6  | 2  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                                                     | Кол-во часов |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Основные понятия и определения термодинамики. Параметры состояния, координаты состояния, потенциал взаимодействия. Виды термодинамических систем. Уравнение состояния совершенного газа. Теплоёмкость, теплота, работа. Внутренняя энергия. | 2            |
| 2        | 1         | Первый закон термодинамики для закрытой и открытой систем. Энтальпия. Понятие о термодинамическом процессе. Второй закон термодинамики. Интеграл Клаузиуса. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.               | 2            |
| 3        | 1         | Смеси совершенных газов. Процессы совершенных газов.                                                                                                                                                                                        | 2            |
| 4        | 1         | Циклы воздушно реактивных и ракетных двигателей                                                                                                                                                                                             | 2            |
| 5        | 1         | Основные положения термодинамики систем с переменным количеством рабочего тела                                                                                                                                                              | 2            |
| 6        | 2         | Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Стационарная теплопроводность пластины                                                                                                                     | 2            |
| 7        | 2         | Стационарная теплопроводность цилиндрических и шаровых стенок. Тепловая защита.                                                                                                                                                             | 2            |

|    |   |                                                                                                            |   |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 8  | 3 | Конвекция. Виды конвекции. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя.                                  | 2 |
| 9  | 3 | Критерии подобия конвективного теплообмена. Теорема подобия Кирпичёва-Гухмана                              | 2 |
| 10 | 3 | Теплообмен при высокоскоростном продольном обтекании поверхностей летательных аппаратов                    | 2 |
| 11 | 3 | Конвективный теплообмен в каналах охлаждения камер сгорания и сопел ЖРД                                    | 2 |
| 12 | 3 | Конвективный теплообмен при свободной конвекции в полостях ракет                                           | 2 |
| 13 | 3 | Конвективный теплообмен при кипении криогенных компонентов топлива                                         | 2 |
| 14 | 4 | Виды лучистых тепловых потоков. Законы теплового излучения                                                 | 2 |
| 15 | 4 | Теплообмен излучением в системе плоско-параллельных тел. Теплообмен тела с оболочкой.                      | 2 |
| 16 | 4 | Защита от теплового излучения. Основные понятия теплообмена излучением в поглощающей и рассеивающей среде. | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара           | Кол-во часов |
|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Параметры состояния, уравнение состояния совершенного газа. Процессы в газах. | 2            |
| 2         | 1         | Процессы в смесях газов с переменной теплоёмкостью                            | 2            |
| 3         | 1         | Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей                               | 2            |
| 4         | 2         | Теплопроводность плоской стенки, цилиндра                                     | 2            |
| 5         | 2         | Теплопроводность цилиндрической и шаровой стенок                              | 2            |
| 6         | 3         | Теплообмен при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА          | 2            |
| 7         | 3         | Теплообмен при течении в каналах охлаждения ЖРД                               | 2            |
| 8         | 4         | Лучистый теплообмен                                                           | 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 |
| изучение конспекта лекций, основной и дополнительной литературы | Смеси совершенных газов. Вычисление газовой постоянной, теплоёмкости, энтальпии. Закон Дальтона [1-3] Смеси совершенных газов Процессы в газах [1-3] Газовые процессы совершенных газов Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей [1-3] Газовые циклы Стационарная теплопроводность пластины, цилиндра, шара [4-6] Теплопроводность при стационарном | 5       | 36,5         |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
|                                                                                  | режиме Определение коэффициентов теплоотдачи при течении в каналах охлаждения ЖРД [4-6] Конвективный теплообмен в однофазной среде<br>Определение коэффициента теплоотдачи при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА [4-6] Конвективный теплообмен в однофазной среде<br>Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции [4-6] Конвективный теплообмен при свободной конвекции<br>Определение коэффициента теплоотдачи при кипении [4-6] Теплообмен при кипении Виды лучистых потоков [4-6] Теплообмен излучением<br>Расчёт лучистого теплообмена в системе плоско-параллельных тел [4-6] Теплообмен излучением<br>Расчёт лучистого теплообмена тела с оболочкой [4-6] Теплообмен излучением Подготовка к экзамену конспект лекций, литература [1-6] |   |    |
| подготовка к экзамену. см. конспект лекций, основную и дополнительную литературу | Смеси совершенных газов. Вычисление газовой постоянной, теплоёмкости, энтальпии. Закон Дальтона [1-3] Смеси совершенных газов Процессы в газах [1-3] Газовые процессы совершенных газов Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей [1-3]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5 | 15 |

## 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    | 5        | Текущий контроль | решение задач по термодинамике    | 1   | 13         | Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. За решение каждой задачи: ход решения верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов. | экзамен          |
| 2    | 5        | Текущий контроль | решение задач по теплопроводности | 1   | 7          | Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего 7 задач. За решение каждой задачи: ход решения                                                                                                                                          | экзамен          |

|   |   |                          |                                |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |
|---|---|--------------------------|--------------------------------|---|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |                                |   |    | верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |
| 3 | 5 | Текущий контроль         | решение задач по теплопередаче | 1 | 10 | Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего 10 задач. За решение каждой задачи: ход решения верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | экзамен |
| 4 | 5 | Промежуточная аттестация | термодинамика                  | - | 8  | Студент письменно отвечает на 4 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы. | экзамен |
| 5 | 5 | Промежуточная аттестация | теплопроводность               | - | 4  | Студент письменно отвечает на 2 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | экзамен |

|   |   |                          |               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |
|---|---|--------------------------|---------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |               |   | <p>категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.</p> |         |
| 6 | 5 | Промежуточная аттестация | теплопередача | - | <p>2</p> <p>Студент письменно отвечает на 2 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются;</p>                                                                                                                                                          | экзамен |

|  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |  | продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы. |  |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                         | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| экзамен                      | К экзамену допускается студент, прошедший текущий контроль. Экзамен проводится в письменной форме.<br>Время подготовки 1 час | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                      | № КМ |   |   |   |   |   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                                          | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ОПК-1       | Знает: основные физические положения, законы механики, термодинамики и теплопередачи, описывающие рабочие процессы в двигательных установках ракетно-космической техники | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-1       | Умеет: применять методы термодинамики и теплопередачи при анализе рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники                                | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-1       | Имеет практический опыт: владения навыками проведения тепловых расчетов рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники                          | +    | + | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика Текст учебник для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 494 с. ил.
2. Крутов, В. И. Техническая термодинамика Учеб. для машиностроит. спец. вузов Под ред. В. И. Крутова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1991. - 382,[2] с. ил.
3. Исаев, С. И. Термодинамика Учеб. для машиностроит. специальностей техн. ун-тов и вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 412,[1] с. ил.

4. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача Текст учебник для вузов по инж.-техн. направлениям и специальностям В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2017. - 441, [1] с. ил.

5. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен Текст учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 559 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Болгарский, А. В. Термодинамика и теплопередача Учебник для студентов авиац. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1975. - 495 с. ил.

2. Исаченко, В. П. Теплопередача Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981. - 417 с. ил.

3. Юдаев, Б. Н. Техническая термодинамика. Теплопередача Учеб. для неэнерг. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1988. - 478 с. ил.

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

1. Теплоэнергетика

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

1. Кириллов, В.В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен / В.В. Кириллов.—Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2008.—69 с.

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

1. Кириллов, В.В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен / В.В. Кириллов.—Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2008.—69 с.

## Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы      | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Дульнев, Г.Н. Основы теории тепломассообмена [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Г.Н. Дульнев, С.В. Тихонов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 93 с. — <a href="https://e.lanbook.com/book/40715">https://e.lanbook.com/book/40715</a> |
| 2 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Кириллин В.А., Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 496 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/72305">https://e.lanbook.com/book/72305</a> .       |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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                          | 306<br>(2) | компьютерная техника                                                                                                                             |
| Практические занятия и семинары | 306<br>(2) | компьютерная техника                                                                                                                             |