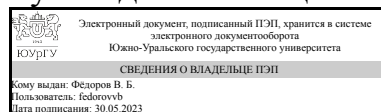


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель специальности



В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.28 Термодинамика и теплопередача  
**для специальности** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

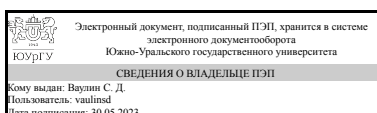
**уровень** Специалитет

**форма обучения** очная

**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

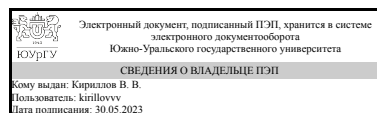
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



С. Д. Ваулин

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-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач | Знает: законы термодинамики и теплопередачи в процессах в изделиях ракетно-космической техники<br>Умеет: применять законы термодинамики и теплопередачи при проектировании изделий ракетно-космической техники<br>Имеет практический опыт: решения задач термодинамики и теплопередачи |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Нет                                                           | 1.О.38 Метод конечных элементов             |

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

Нет

## 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     |
| 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    |
| 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 режиме Определение коэффициентов теплоотдачи при течении в каналах охлаждения ЖРД [4-6] Конвективный теплообмен в однофазной среде Определение коэффициента теплоотдачи при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА [4-6] | 5       | 36,5         |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
|                                                                                  | Конвективный теплообмен в однофазной среде Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции [4-6] Конвективный теплообмен при свободной конвекции Определение коэффициента теплоотдачи при кипении [4-6] Теплообмен при кипении Виды лучистых потоков [4-6] Теплообмен излучением Расчёт лучистого теплообмена в системе плоско-параллельных тел [4-6] Теплообмен излучением 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 верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов. | экзамен          |
| 3    | 5        | Текущий контроль | решение задач по теплопередаче    | 1   | 10         | Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего 10 задач. За                                                                                                                                                                                           | экзамен          |

|   |   |                          |                  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |
|---|---|--------------------------|------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |                  |   |   | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |
| 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, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | экзамен |

|   |   |                          |               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
|---|---|--------------------------|---------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |               |   | <p>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> <p>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> <p>продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-</p> | экзамен |

|  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                           |  |
|--|--|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |  |  | 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-5       | Знает: законы термодинамики и теплопередачи в процессах в изделиях ракетно-космической техники               | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-5       | Умеет: применять законы термодинамики и теплопередачи при проектировании изделий ракетно-космической техники | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-5       | Имеет практический опыт: решения задач термодинамики и теплопередачи                                         | +    | + | + | + | + | + |

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 |
|--------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические | 306    | компьютерная техника                                                                                                                             |

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