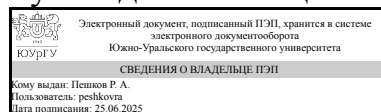


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



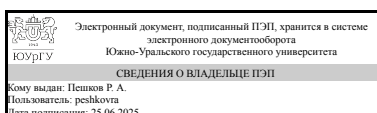
Р. А. Пешков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.29 Теплообмен в авиационных и ракетных двигателях  
**для специальности** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
**уровень** Специалитет  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

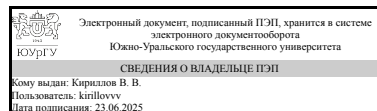
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



Р. А. Пешков

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



В. В. Кириллов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Представление обучающимся знаний о методах расчёта процессов тепло- и массообмена в аппаратах различного назначения

## Краткое содержание дисциплины

Стационарная и нестационарная теплопроводность. Конвективный тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Тепловой расчёт теплообменных аппаратов.

## 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, теплообмена, описывающие рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях<br>Умеет: применять методы теплопередачи при анализе рабочего процесса в авиационных и ракетных двигателях<br>Имеет практический опыт: владения навыками проведения теплообменных 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.27 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей,<br>1.О.11.02 Математический анализ,<br>1.О.11.01 Алгебра и геометрия,<br>1.О.16 Теоретическая механика,<br>1.О.12 Химия,<br>1.О.35 Материаловедение,<br>1.О.13 Физика,<br>1.О.18 Термодинамика и теплопередача | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина              | Требования                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.О.35 Материаловедение | Знает: как творчески применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, и как применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; характеристики основных и |

|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | <p>вспомогательных материалов, используемых при изготовлении ракетно-космической техники</p> <p>Умеет: творчески применять основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности и уметь применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;</p> <p>выбирать основные и вспомогательные материалы, используемые при изготовлении ракетно-космической техники</p> <p>Имеет практический опыт: выбора основных и вспомогательных материалов, используемых при изготовлении ракетно-космической техники</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 треугольному виду, методом Крамера и методом Гаусса для решения систем линейных уравнений, координатным методом изучения фигур на плоскости и в пространстве</p> |
| 1.О.11.02 Математический анализ                            | <p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа.</p> <p>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.</p> <p>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.27 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей | <p>Знает: закономерности движения скоростных газовых и нестационарных жидкостных сред в системах авиационных и</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <p>ракетных двигателей Умеет: рассчитывать потери при движении газовых и жидкостных сред в различных элементах конструкции авиационного и ракетного двигателя; составлять алгоритмы решения газодинамических задач; выбирать расчетные модели и схемы для решения задач гидрогазодинамики двигателей летательных аппаратов Имеет практический опыт: владения методами расчета и профилирования проточной части входных и выходных устройств двигателей летательных аппаратов; типовыми методами и алгоритмами газодинамических расчетов; методами расчета параметров газовых и жидкостных потоков в авиационных и ракетных двигателях; методами расчета характеристик гидравлических магистралей системы подачи топлива в авиационных и ракетных двигателях</p> |
| 1.О.18 Термодинамика и теплопередача | <p>Знает: основные физические положения, законы механики, термодинамики и теплопередачи, описывающие рабочие процессы в двигательных установках ракетно-космической техники Умеет: применять методы термодинамики и теплопередачи при анализе рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники Имеет практический опыт: владения навыками проведения тепловых расчетов рабочего процесса в двигательных установках ракетно-космической техники</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.О.16 Теоретическая механика        | <p>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</p>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.О.13 Физика                        | <p>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:</p>                                                                                                                                                                                                                           |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | владения методами решения физических задач, теоретического и экспериментального исследования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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> |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
|                                                                            |             | в часах                    |
|                                                                            |             | Номер семестра             |
|                                                                            |             | 6                          |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 72          | 72                         |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 32          | 32                         |
| Лекции (Л)                                                                 | 16          | 16                         |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                         |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                          |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 35,75       | 35,75                      |
| подготовка к зачёту                                                        | 5,75        | 5,75                       |
| Изучение конспекта лекций, основной и                                      | 30          | 30                         |

|                                          |      |       |
|------------------------------------------|------|-------|
| дополнительной литературы                |      |       |
| Консультации и промежуточная аттестация  | 4,25 | 4,25  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | -    | зачет |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------------|---|----|----|
|           |                                  | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Теплопроводность                 | 8                                         | 4 | 4  | 0  |
| 2         | Конвективный теплообмен          | 8                                         | 4 | 4  | 0  |
| 3         | Массообмен                       | 8                                         | 4 | 4  | 0  |
| 4         | Теплообменные аппараты           | 8                                         | 4 | 4  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                          | Кол-во часов |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Теплопроводность пластины и цилиндра с внутренним тепловыделением                                                                | 2            |
| 2        | 1         | Нестационарная теплопроводность пластины. Нестационарная теплопроводность тел конечных размеров.                                 | 2            |
| 3        | 2         | Теплообмен при кипении                                                                                                           | 2            |
| 4        | 2         | Теплообмен при конденсации                                                                                                       | 2            |
| 5        | 3         | Основные положения тепло- и массообмена в двухкомпонентных средах. Тепло- и массоотдача.                                         | 2            |
| 6        | 3         | Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду. Тепло- и массоотдача при конденсации пара из парогазовой среды. | 2            |
| 7        | 4         | Классификация теплообменных аппаратов. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников.                                           | 2            |
| 8        | 4         | Тепловые трубы.                                                                                                                  | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Теплопроводность пластины и цилиндра с внутренним тепловыделением   | 2            |
| 2         | 1         | Нестационарная теплопроводность пластины и цилиндра.                | 2            |
| 3         | 2         | Теплообмен при кипении в большом объеме                             | 2            |
| 4         | 2         | Теплообмен при кипении в трубах                                     | 2            |
| 5         | 3         | Массоотдача при конденсации                                         | 2            |
| 6         | 3         | Массоотдача при испарении в парогазовую среду                       | 2            |
| 7         | 4         | Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника.                     | 2            |
| 8         | 4         | Гидравлический расчёт рекуперативного теплообменника.               | 2            |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                                                  |                                                                            |         |              |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                                                      | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| подготовка к зачёту                                             | конспект лекция, основная литература [1-2], дополнительная [1-4]           | 6       | 5,75         |
| Изучение конспекта лекций, основной и дополнительной литературы | основная литература [1-2], дополнительная [1-4]                            | 6       | 30           |

## 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    | 6        | Текущий контроль         | Решение задач по теплообмену      | 1   | 8          | Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего задач 8. 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | зачет            |
| 2    | 6        | Промежуточная аттестация | зачет                             | -   | 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, | зачет            |

|  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
|--|--|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |  | 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                     |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                        | К зачету допускается студент, прошедший текущий контроль. Зачет 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 |
| ОПК-1       | Знает: основные физические положения, законы механики, теплообмена, описывающие рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях                 | +    | + |
| ОПК-1       | Умеет: применять методы теплопередачи при анализе рабочего процесса в авиационных и ракетных двигателях                                              | +    | + |
| ОПК-1       | Имеет практический опыт: владения навыками проведения теплообменных 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. Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для вузов Под ред. В. П. Глушко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 464 с. ил.
2. Васильев, А. П. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей Учеб. для авиац. спец. вузов Под ред. В. М. Кудрявцева. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1983. - 703 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Текст] учеб. для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] с. ил.
2. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена. - 5-е изд., доп. - М.: Атомиздат, 1979. - 415 с. ил.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### **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) | Компьютерный проектор                                                                                                                            |
| Практические занятия и семинары | 306<br>(2) | Компьютерный проектор, доска                                                                                                                     |