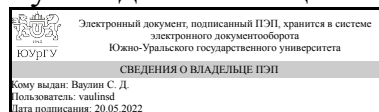


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



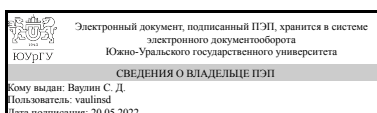
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.28 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

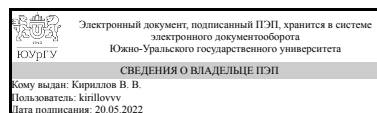
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

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



С. Д. Ваулин

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



В. В. Кириллов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Краткое содержание дисциплины

## 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 инженерные и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	Знает: основные физические положения, законы механики, теплообмена, описывающие рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях Умеет: применять методы теплопередачи при анализе рабочего процесса в авиационных и ракетных двигателях 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.10.03 Специальные главы математики, 1.О.17 Термодинамика и теплопередача, 1.О.34 Материаловедение, 1.О.35 Электротехника и электроника, 1.О.10.02 Математический анализ, 1.О.14 Начертательная геометрия и инженерная графика, 1.О.11 Физика, 1.О.10.04 Теория вероятностей и математическая статистика, 1.О.18 Теория автоматического управления, 1.О.12 Химия, 1.О.10.01 Алгебра и геометрия, 1.О.15 Теоретическая механика, 1.О.33 Метрология, стандартизация и сертификация, 1.О.26 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей, 1.О.16 Соппротивление материалов	1.О.38 Проектирование тепломассообменных аппаратов

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

Дисциплина	Требования
1.О.14 Начертательная геометрия и инженерная графика	Знает: основы построения чертежа, закономерности получения изображений; правила выполнения чертежей деталей, сборочных единиц и элементов конструкций; требования стандартов Единой системы

	<p>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.11 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: владения методами решения физических задач, теоретического и экспериментального исследования</p>
1.О.17 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.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</p>

	<p>веществ; об электрохимических процессах и их применении на практике; о свойствах важнейших материалов, в том числе, металлов и сплавов. 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. 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.35 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. 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 и электротехнических и электронных устройств</p>
1.О.15 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.10.02 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</p>

	<p>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>
<p>1.О.10.04 Теория вероятностей и математическая статистика</p>	<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. 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. Имеет практический опыт: владения методами теории вероятностей и математической статистики, необходимые для формирования данной компетенции</p>
<p>1.О.10.01 Алгебра и геометрия</p>	<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 Умеет: производить основные операции над матрицами, вычислять определители, исследовать и решать системы линейных уравнений, проводить</p>

	<p>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 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 пространствах</p>
1.О.33 Метрология, стандартизация и сертификация	<p>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</p>
1.О.34 Материаловедение	<p>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 вспомогательных материалов, используемых при изготовлении ракетно-космической техники Умеет: творчески применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности и уметь применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; выбирать основные и вспомогательные материалы, используемые при изготовлении ракетно-космической техники Имеет практический опыт: выбора основных и вспомогательных материалов, используемых при изготовлении ракетно-космической техники</p>
1.О.18 Теория автоматического управления	<p>Знает: современную проблематику в области эксплуатируемых изделий; основные подходы к анализу и синтезу систем управления Умеет: применять разнообразные методы исследования к профессиональным проблемам; применять на практике численные методы для решения задач анализа и синтеза систем управления Имеет практический опыт: владения современными методами анализа и синтеза в профессиональной области; базовыми навыками работы с прикладными программными средствами</p>
1.О.16 Сопротивление материалов	<p>Знает: основные принципы сопротивления материалов, классификацию видов нагружения стержня, механические характеристики материалов, основные положения теорий напряженного и деформированного состояний,</p>

	<p>гипотезы начала пластических деформаций и разрушения при сложном нагружении; основные положения энергетического метода определения перемещений, методов раскрытия статической неопределенности, 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</p>
<p>1.О.10.03 Специальные главы математики</p>	<p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения математической физики", "Теория функций комплексного переменного", "Преобразование Лапласа": Степенные ряды; ряды Тейлора и Маклорена; разложение функций в степенной ряд; тригонометрические ряды Фурье; канонические формы и классификация линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка; решение задачи о колебаниях струны методом Фурье; решение уравнения теплопроводности методом Фурье; решение краевых задач для уравнения Лапласа в круге и полуплоскости; элементарные функции комплексной переменной; дифференцирование функций комплексной переменной; условия Коши-Римана; интеграл от функции комплексной переменной; теорема Коши; интегральная формула Коши; ряды Тейлора и Лорана; изолированные особые точки функции; вычеты и их применение к вычислению интегралов; определение функции-оригинала и её изображения по Лапласу; таблицу стандартных изображений; обращение преобразования Лапласа; приложения операционного исчисления к решению линейных дифференциальных уравнений и их систем. Умеет: профессионально решать классические ( типовые) задачи по данным дисциплинам, применять математические методы для решения типовых профессиональных задач, ориентироваться в справочной математической литературе, приобретать новые математические знания, используя современные образовательные и информационные технологии Имеет практический опыт: владения методом Фурье при решении задач математической физики; методами теории функций комплексного переменного и операционного исчисления</p>
<p>1.О.26 Гидрогазодинамика авиационных и ракетных двигателей</p>	<p>Знает: закономерности движения скоростных газовых и нестационарных жидкостных сред в системах авиационных и ракетных двигателей</p>

	<p>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>
--	---

#### 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	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
подготовка к зачёту	5,75	5.75	
Изучение конспекта лекций, основной и дополнительной литературы	30	30	
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	Основы теплообмена в АД	8	4	4	0
2	Основы теории пограничного слоя	8	4	4	0
3	Теплозащита стенок камеры сгорания АД	16	8	8	0

##### 5.1. Лекции





							ется 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, 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.	зачет

## 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. 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 втузов 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. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели: Основы проектирования Учеб. пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 1968. - 395, [1] с. ил.
3. 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

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система	Толстопятов, М. И. Теория и расчет жидкостных ракетных двигателей. Расчет охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя : учебное пособие / М. И. Толстопятов.

		издательства Лань	— Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/165905">https://e.lanbook.com/book/165905</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Минашин, А. Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги : учебное пособие : в 2 частях / А. Г. Минашин, Б. Б. Петрикевич ; под редакцией Б. Б. Петрикевича. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 2 — 2014. — 45 с. — ISBN 978-5-7038-4015-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/62055">https://e.lanbook.com/book/62055</a>

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 (2)	Компьютерный проектор
Практические занятия и семинары	306 (2)	Компьютерный проектор, доска