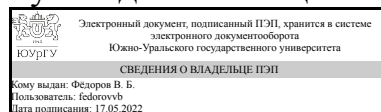


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности



В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.27 Термодинамика и теплопередача
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

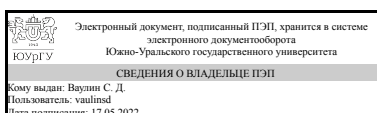
уровень Специалитет

форма обучения очная

кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

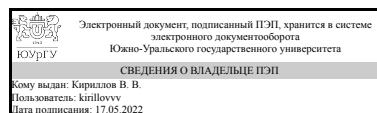
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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 Умеет: применять законы термодинамики и теплопередачи при проектировании изделий ракетно-космической техники 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.37 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
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
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	5	36,5

	Определение коэффициента теплоотдачи при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА [4-6] 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	экзамен

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

					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.	
6	5	Промежуточная аттестация	теплопередача	-	2 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; продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории,	экзамен

					концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	К экзамену допускается студент, прошедший текущий контроль. Экзамен проводится в письменной форме. 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. — https://e.lanbook.com/book/40715
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. https://e.lanbook.com/book/72305 .

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 занятия и семинары	306 (2)	компьютерная техника
Лекции	306 (2)	компьютерная техника