

2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Механико-технологический факультет
Кафедра «Сварочное производство, метрология и технология материалов»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.
Н.В. Лобов
2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Теплопередача»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

**Специальность 24.05.02 Проектирование авиационных
и ракетных двигателей**

Специализация программы специалитета: «Проектирование авиационных двигателей
и энергетических установок»,
«Проектирование ракетных двигателей
твёрдого топлива»

Квалификация выпускника: «инженер»

Выпускающие кафедры: «Авиационные двигатели» (АД),
«Ракетно-космическая техника и
Энергетические системы» (РКТЭС)

Форма обучения: очная

Курс: 3 **Семестр(ы):** 5, 6

Трудоёмкость:
Кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 216 ч

Виды контроля: зачёт в 5 семестре; экзамен в 6 семестре

Пермь, 2017 г.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Теплопередача» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, рассмотренного и одобренного Учёным советом вуза 30 марта 2017 г., утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа 24-о;
- компетентностных моделей выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей специализаций «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок» и «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённых 03 апреля 2017 г.;
- базовых учебных планов очной формы обучения по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей специализаций «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок» и «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённых 03 апреля 2017 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Б1.Б.02 «Философия», Б1.Б.08 «Математика», Б1.Б.09 «Уравнения математической физики», Б1.Б.11 «Физика», Б1.Б.12 «Теоретическая механика», Б1.Б.13 «Химия», Б1.Б.14 «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», Б1.Б.15 «Сопротивление материалов», Б1.Б.16 «Детали машин и основы конструирования», Б1.Б.17 «Теория механизмов и машин», Б1.Б.20 «Электротехника и электроника», Б1.Б.21 «Термодинамика», Б1.Б.22 «Теплопередача», Б1.Б.29 «Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», Б1.В.05 «Аэродинамика и летательные аппараты», Б1.В.11 «Научно-исследовательская работа студента», Б1.В.14 «Управление проектированием и производством авиационных двигателей и энергетических установок», Б1.ДВ.02.1 «Математическое моделирование авиационных двигателей», Б2.Б.05 «Производственная практика (стажировка научно-инженерная)», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

канд техн.наук., доц.


(подпись)

М.А.Ошивалов
(инициалы, фамилия)

Рецензент

канд техн.наук., доц.
(учёная степень, звание)


(подпись)

К.С.Галягин
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов «10» октября 2017 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой «Сварочное производство, метрология и технология материалов»,

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Ю.Д.ШИЦЫН
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Механико-технологического факультета «01» 11 20 17 г., протокол № 5.

Председатель учебно-методической комиссии Механико-технологического факультета

канд. пед. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Е.А.Синкина
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Авиационные двигатели»

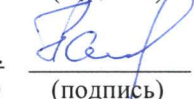
д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

А.А.Иноземцев
(инициалы, фамилия)

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

М.И.Соколовский
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Д.С.Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины:

– формирование комплекса знаний об основных законах движения жидкости и газа при различных скоростях течения и внешних воздействиях, общетеоретического кругозора, необходимых для приобретения умений и навыков анализа гидрогазодинамических явлений, их моделирования и расчёта.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции АОПК-1, АПК.ПК-1, АПК.НИ-1:

- способность применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и общеинженерные знания в их совокупности для профессиональной деятельности, оценивать на базе отставивания и применения научного подхода основные теории и концепции, границы их применения (АОПК-1);
- способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (АПК.ПК-1);
- способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

- **формирование знаний**
 - основные положения теории теплопередачи, как специальной теплотехнической дисциплины;
 - способы передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением;
 - законы теплопередачи;
 - основные закономерности теплопередачи при стационарном и нестационарном режимах;
 - принцип действия и устройства теплообменных аппаратов и других теплотехнических устройств, применяемых в отрасли;
- **формирование умений**
 - проводить расчеты рабочих процессов в теплообменных установках, а также других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли;
 - рассчитывать показатели, параметры теплообмена;
 - выбирать рациональные системы теплоснабжения, охлаждения и термостатирования оборудования, применяемого в отрасли;

- работать с лабораторным оборудованием для теплотехнических измерений;
- проводить теплотехнические измерения, обрабатывать результаты измерений с применением компьютерной техники;
- определять основные свойства рабочих тел, применяемых в отрасли;

• **формирование навыков**

- навыками решения задач с использованием основных законов, формул теплопередачи;
- навыками расчета и анализа тепловых процессов, теплообменных аппаратов и других теплотехнических устройств, применяющихся в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива;
- навыками проведения теплотехнических измерений, обработки и анализа результатов.

1.3 Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:

- основные законы и формулы теплопередачи,
- способы передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением,
- свойства рабочих тел (газов и паров, жидкостей),
- основы расчета теплообменных аппаратов.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализациям «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины)
Общепрофессиональные компетенции			
АОПК-1	Способность применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и инженерные знания в их совокупности для профессиональной деятельности,	Б1.Б.02 «Философия», Б1.Б.09 «Уравнения математической физики», Б1.Б.11 «Физи-	Б1.Б.22 «Теплопередача», Б1.В.05 «Аэродинамика и летательные аппараты

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины)
	оценивать на базе отстаивания и применения научного подхода основные теории и концепции, границы их применения	ка», Б1.Б.12 «Теоретическая механика», Б1.Б.13 «Химия», Б1.Б.17 «Теория механизмов и машин»	
Профессиональные компетенции			
АПК.ПК-1	Способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Б1.Б.14 «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», Б1.Б.15 «Сопротивление материалов», Б1.Б.17 «Теория механизмов и машин», Б1.Б.21 «Термодинамика»	Б1.Б.16 «Детали машин и основы конструирования», Б1.Б.22 «Теплопередача», Б1.ДВ.02.1 «Математическое моделирование авиационных двигателей»
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности	Б1.Б.08 «Математика», Б1.Б.09 «Уравнения математической физики», Б1.Б.11 «Физика», Б1.Б.12 «Теоретическая механика», Б1.Б.21 «Термодинамика»	Б1.Б.20 «Электротехника и электроника», Б1.Б.22 «Теплопередача», Б1.В.11 «Научно-исследовательская работа студента», Б1.ДВ.02.1 «Математическое моделирование авиационных двигателей», Б2.Б.05 «Производственная практика (стажировка научно-инженерная)»

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АОПК-1, АПК.ПК-1, АПК.НИ-1.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АОПК-1

Код АОПК-1	Формулировка компетенции:
	способность применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и общеинженерные знания в их совокупности для профессиональной деятельности, оценивать на базе отстаивания и применения научного подхода основные теории и концепции, границы их применения

Код АОПК-1.Б1.Б.22	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность применять общезначимые законы и математические средства к исследованию процессов теплопередачи
-------------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – закономерности передачи тепла в твердых, жидких и газообразных средах;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы рубежных контрольных работ. Вопросы к экзамену.
Уметь: – пользоваться приемами постановки и решения частных задач теплопередачи;	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям. Отчёты по практическим заданиям. Отчёты по лабораторным работам.
Владеть: – навыками математического описания стационарных и нестационарных явлений передачи тепла.	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа.	Задания к практическим занятиям. Отчёты по практическим заданиям. Отчёты по лабораторным работам.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПК.ПК-1

Код АПК.ПК-1	Формулировка компетенции: способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования
-------------------------------	--

Код АПК.ПК-1.Б1.Б.22	Формулировка дисциплинарной части компетенции: способность рассчитывать и анализировать тепловые процессы в аппаратах, применяющихся в авиационных двигателях, энергетических установках и ракетных двигателях твердого топлива
---------------------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – основные теплофизические свойства материалов; – основные закономерности стационарных и нестационарных тепловых процессов в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива; – принцип действия и устройства теплообменных аппаратов;	Лекции. Самостоятельная работа.	Вопросы рубежных контрольных работ. Вопросы к экзамену.
Уметь: – рассчитывать и анализировать стационарные	Лабораторные работы.	Контрольные работы. Отчёты по лабора-

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
и нестационарные тепловые процессы, теплообменные аппараты, применяющиеся в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива;	Самостоятельная работа	торным работам. Тестовые вопросы по лабораторным работам.
Владеть: – навыками расчета и анализа тепловых процессов, теплообменных аппаратов и других теплотехнических устройств, применяющихся в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа	Отчёты по лабораторным работам.

2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-1

Код АПК.НИ-1	Формулировка компетенции:
	способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности

Код АПК.НИ-1.Б1.Б.22	Формулировка дисциплинарной части компетенции:
	способность выполнять численные и экспериментальные исследования тепловых процессов, проводить обработку и анализ результатов

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – основные численные методы, применяемые для расчета тепловых процессов; – основы построения физических и математических моделей тепловых процессов; – основные приборы для проведения теплотехнических измерений	Лекции. Самостоятельная работа.	Вопросы рубежных контрольных работ. Вопросы к экзамену.
Уметь: – решать тепловые задачи с построением различных математических моделей; – проводить теплотехнические измерения, обрабатывать результаты измерений с применением компьютерной техники	Лабораторные работы. Самостоятельная работа	Вопросы к экзамену. Контрольные работы. Отчёты по лабораторным работам. Тестовые вопросы по лабораторным работам.
Владеть: – навыками проведения теплотехнических измерений, обработки и анализа результатов	Лабораторные работы. Самостоятельная работа	Отчёты по лабораторным работам.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 6 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по ви-

дам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость		
		по семестрам		всего
1	2	3	4	5
1	Аудиторная (контактная) работа	54	36	90
	– лекции (Л)	18	18	36
	– лабораторные работы (ЛР)	34	16	50
	– практические занятия (ПЗ)			
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	4
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	36	90
	– изучение теоретического материала	27	24	51
	– подготовка к аудиторным занятиям (лекционным, лабораторным)	5	5	10
	– подготовка отчётов по лабораторным работам	22	7	29
	– выполнение практических заданий и подготовка отчётов по практическим занятиям			
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен		36	36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч)	108	108	216
	в зачётных единицах (ЗЕ)	3	3	6

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)						Итоговый контроль	самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				Итоговый контроль	самостоятельная работа			
			всего	в том числе							
			Л	ПЗ	ЛР	КСР					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	1	2	2						2	
		2	8	3		4	1		8	16	
		3	15	3		12			16	31	
		4	7	3		4			8	15	
	Всего по модулю:		32	11		20	1		32	64 / 1,78	
2	2	5	13	4		8	1		11	24	
		6	9	3		6			11	20	
	Всего по модулю:		22	7		14	1		22	44 / 1,22	
Промежуточная аттестация:								Зачёт			
Итого за 5 семестр:			54	18		34	2		54	108 / 3	

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)					Итоговый контроль	самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа				всего			
			Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	7	4	4					6	10
		8	13	4		8	1		12	25
		9	7	3		4			9	16
	Всего по модулю:		24	11		12	1		27	51 / 1,42
4	4	10	2	2						2
		11	9	4		4	1		9	18
		Заключение	1	1						
	Всего по модулю:		12	7		4	1		9	21 / 0,58
Промежуточная аттестация:								Экзамен		36 / 1
Итого за 6 семестр:			36	18		16	2	36	36	108 / 3
Итого:			90	36		50	4	36	90	216 / 3

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

5 семестр

Модуль 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

Раздел 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

Л – 11 ч, ЛР - 20 ч, СРС – 32 ч, КСР – 1 ч.

Тема 1. **Основные понятия и определения.** Теория теплопередачи как специальная теплотехническая дисциплина, этапы исторического развития. Значение дисциплины для последующего изучения специальных курсов и для практической деятельности. Способы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение, их сравнительный анализ. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация процессов теплообмена. Тепловой поток, плотность теплового потока. Температурное поле, температурный градиент.

Тема 2. **Основные законы и уравнения теории теплопроводности.** Теплопроводность, как механизм передачи теплоты в твердом теле. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия.

Тема 3. **Решение задач стационарной теплопроводности.** Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки при граничных условиях первого и третьего рода. Термическое сопротивление контакта, методика оценки контактных сопротивлений. Теплопроводность при наличии внутренних тепловых источников.

Тема 4. **Решение задач нестационарной теплопроводности.** Теплопроводность при нестационарном режиме. Безразмерная формулировка краевой задачи теплопроводности. Критерии Био и Фурье, их физический смысл. Расчет времени нагрева и охлаждения тел. Метод регулярного теплового режима.

Модуль 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.

Раздел 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.

Л – 7 ч, ЛР - 14 ч, СРС – 22 ч, КСР – 1 ч.

Тема 5. **Теплопередача через стенки.** Определение явления теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при стационарном режиме.

нарном режиме. Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Теплопередача через ребристые стенки. Коэффициент эффективности ребер. Теплопередача через стенки при нестационарном режиме.

Тема 6. **Численные методы решения задач.** Основы численных методов расчета температурных полей (метод конечных разностей). Явная и неявная схемы аппроксимации. Устойчивость и сходимости численного решения. Ошибки дискретизации разностных схем. Прямые и итерационные методы решения сеточных уравнений. Применение метода сеток для стационарных и нестационарных задач теплопроводности и теплопередачи. Аппроксимация граничных условий. Принципы построения алгоритмов расчета.

6 семестр

Модуль 3. Конвективный и лучистый теплообмен.

Раздел 3. Конвективный и лучистый теплообмен.

Л – 11 ч, ЛР - 12 ч, СРС – 27 ч, КСР – 1 ч.

Тема 7. **Конвективный теплообмен.** Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарный и турбулентный режим течения. Математическая постановка и пути решения краевой задачи конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения переноса тепловой энергии, сплошности, теплоотдачи в пограничном слое, движения (Навье-Стокса).

Тема 8. **Применение теории подобия для решения задач конвективного теплообмена.** Основы теории подобия. Определяемый и определяющие критерии подобия. Виды уравнений подобия конвективного теплообмена. Определяющая температура и определяющий размер. Методы осреднения температуры теплоносителей. Теоремы теории подобия, константы, индикаторы, числа подобия, их свойства, определяющие и определяемые числа подобия. Приложение теории подобия - теория физического эксперимента, моделирование, математический эксперимент. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободном и вынужденном движении среды. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя. Внешнее обтекание тел простой формы. Конвективный теплообмен в замкнутом объеме.

Тема 9. **Теплообмен излучением.** Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения и радиационные характеристики тел. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Лучистый теплообмен при наличии экрана. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

Модуль 4. Теплообменные аппараты.

Раздел 4. Теплообменные аппараты.

Л – 7 ч, ЛР - 4 ч, СРС – 9 ч, КСР – 1 ч.

Тема 10. **Основы массообмена.** Основы массообмена. Закон Фика. Формулы для потоков массы. Коэффициенты массопереноса. Тепломассообменные устройства.

Тема 11. **Теплообменные аппараты.** Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Конструктивные особенности теплообменников рекуперативного, регенеративного и смешительного типов. Основные принципы теплового расчета теплообменников. Прямой и проверочный расчеты рекуперативного теплообменника. Определение среднего температурного перепада и коэффициента теплопередачи, основные расчетные соотношения, определение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника, расчет поверхности теплообмена.

Заключение. Л – 1 ч.

Применение теплоты в отрасли. Первичные и вторичные энергетические ресурсы, перспективы их использования. Основные направления экономии энергоресурсов.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
		Не предусмотрены

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Кол-во часов
1	Тема 2	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы	4
2	Тема 3	Исследование теплопроводности многослойной плоской стенки при стационарном режиме	4
3	Тема 3	Исследование теплопроводности цилиндрической стенки при стационарном режиме	4
4	Тема 3	Исследование теплопроводности при стационарном режиме и наличии внутренних источников тепла	4
5	Тема 4	Исследование теплопроводности тел простой формы при нестационарном режиме	4
6	Тема 5	Исследование теплопередачи через плоскую стенку при стационарном режиме	4
7	Тема 5	Исследование теплопередачи через цилиндрическую стенку при стационарном режиме. Выбор тепловой изоляции	4
8	Тема 6	Применение метода сеток для решения задач теплопроводности и теплопередачи	6
9	Тема 8	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха	4
10	Тема 8	Исследование теплоотдачи при вынужденном движении среды	4
11	Тема 9	Исследование теплового излучения твердого тела	4
12	Тема 11	Расчет теплообменных аппаратов	4

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.

3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам.

4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится в п.7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
2	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	3
3	Изучение теоретического материала	7
	Подготовка к лабораторным работам	9
4	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	3
5	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	6
6	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	6
7	Изучение теоретического материала	6
8	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	6
9	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
11	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Итого: в ч / в ЗЕ	90 / 2,5

5.1. Тематика для самостоятельного изучения дисциплины

Модуль 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

Раздел 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

Тема 2. Основные законы и уравнения теории теплопроводности.

Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия.

Тема 3. Решение задач стационарной теплопроводности.

Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки при граничных условиях третьего рода.

Тема 4. Решение задач нестационарной теплопроводности.

Расчет времени нагрева и охлаждения тел. Метод регулярного теплового режима.

Модуль 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.**Раздел 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.****Тема 5. Теплопередача через стенки.**

Теплопередача через ребристые стенки. Коэффициент эффективности ребер. Теплопередача через стенки при нестационарном режиме.

Тема 6. Численные методы решения задач.

Устойчивость и сходимость численного решения. Ошибки дискретизации разностных схем. Прямые и итерационные методы решения сеточных уравнений.

6 семестр**Модуль 3. Конвективный и лучистый теплообмен.****Раздел 3. Конвективный и лучистый теплообмен.****Тема 7. Конвективный теплообмен.**

Дифференциальные уравнения переноса энергии, сплошности, движения (Навье-Стокса).

Тема 8. Применение теории подобия для решения задач конвективного теплообмена.

Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Внешнее обтекание тел простой формы. Конвективный теплообмен в замкнутом объеме.

Тема 9. Теплообмен излучением.

Лучистый теплообмен при наличии экрана. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

Модуль 4. Теплообменные аппараты.**Раздел 4. Теплообменные аппараты.****Тема 11. Теплообменные аппараты.**

Определение среднего температурного перепада и коэффициента теплопередачи, основные расчетные соотношения, определение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника, расчет поверхности теплообмена.

5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект (курсовая работа) не предусмотрен.

5.3. Реферат

Реферат не предусмотрен.

5.4. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены.

5.5. Индивидуальное задание

Индивидуальное задание не предусмотрено.

5.6 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию

процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

После изучения темы дисциплины в часы лекционных занятий студенты в часы самостоятельной работы должны повторить по конспектам лекций материал, пользуясь основной и дополнительной литературой либо более глубоко разобраться в проблемных вопросах, на которые акцентировано внимание лектора, либо изучить материал, не требующий специальных пояснений преподавателя.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Защита лабораторных работ проводится с применением компьютерного обучающего и контролирующего комплекса АСО «ABINS», в диалоговом режиме, с контролем уровня подготовленности по теоретическим и практическим вопросам лабораторных работ.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в указанных ниже формах.

- Текущие контрольные работы для оценки знаний по темам.
- Контроль выполнения лабораторных работ и подготовки отчётов по лабораторным работам.

6.2 Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в указанных ниже формах.

- Рубежные контрольные работы для анализа усвоения теоретического материала. Всего предусмотрено 4 рубежных контрольных работ (модуль 1, модуль 2, модуль 3, модуль 4).

Тематика рубежных контрольных работ:

- контрольная работа 1 (модуль 1): основные понятия и определения, закон Фурье и дифференциальное уравнение теплопроводности;
 - контрольная работа 2 (модуль 2): теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки;
 - контрольная работа 3 (модуль 3): уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Определение коэффициента теплоотдачи с использованием уравнений подобия.
 - контрольная работа 4 (модуль 3): прямой и проверочный расчеты рекуперативного теплообменного аппарата.
- тестирование по теоретическим и практическим вопросам лабораторных работ.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт.

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля, защиты отчётов по лабораторным работам и успешного прохождения рубежного контроля.

2) Экзамен.

Экзамен по дисциплине проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (разрабатывается отдельным документом).

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля (оценка освоенных знаний и приобретённых умений).

Фонды оценочных средств, включающие типовые контрольные вопросы по лабораторным работам, контрольные работы, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный		Рубежный		Промежуточная аттестация
	ОП	КР	ОЛР	Т/КР	Экзамен
Усвоенные знания					
3.1 – основные положения теории теплопередачи; – законы теплопередачи; – способы передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением;	ОП 1-11	КР1		Т/КР 1-4	ТВ
3.2 – основные теплофизические свойства материалов; – основные закономерности стационарных и нестационарных тепловых процессов в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива; – принцип действия и устройства теплообменных аппаратов;	ОП 1-11	КР2		Т/КР 1-4	ТВ
3.3 – основные численные методы, применяемые для расчета тепловых процессов; – основы построения физических и математических моделей тепловых процессов; – основные приборы для проведения теплотехнических измерений;	ОП 1-11	КР3		Т/КР 1-4	ТВ
Освоенные умения					
У.1 – решать задачи, используя основные законы, формулы теплопередачи; – рассчитывать показатели, параметры теплообмена			ОЛР 1-12		ТВ
У.2 – рассчитывать и анализировать стационарные и нестационарные тепловые процессы, теплообменные аппараты, применяющиеся в авиационных двигателях и энергетических установках, ракетных двигателях твердого топлива;			ОЛР 1-12		ТВ
У.3 – решать тепловые задачи с построением различных математических моделей; – проводить теплотехнические измерения, обра-			ОЛР 1-12		ТВ

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.22
Теплопередача

(индекс и полное название дисциплины)

БЛОК 1. Дисциплины (модули)

(цикл дисциплины)

<input checked="" type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная
<input type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/>	по выбору студента

24.05.02

(код направления подготовки / специальности)

Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»

(полное название направления подготовки / специальности)

АРД / АД_с / РД_с

(аббревиатура направления / специальности)

Уровень подготовки	<input checked="" type="checkbox"/>	специалист	Форма обучения	<input checked="" type="checkbox"/>	очная
	<input type="checkbox"/>	бакалавр		<input type="checkbox"/>	заочная
	<input type="checkbox"/>	магистр		<input type="checkbox"/>	очно-заочная

2017

(год утверждения учебного плана ОПОП)

Семестр(ы): 5,6 Количество групп 2

Количество студентов 55

Ошивалов М.А.
(фамилия, инициалы преподавателя)

доцент
(должность)

Механико-технологический факультет

СПМ и ТМ, секция теплотехники тел. 2198175
(кафедра) (контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке + кафедре; местонахож- дение элек- тронных из- даний
1	2	3
1 Основная литература		
1	Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер.-М.:Аз-book, 2008-2009.-469 с.:ил.-Прил.:с.452-462.-Библиогр.: с.463.	463
2	Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника: Учеб. для вузов. -4-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2002-2009. – 671 с.	326
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Г.А. Мухачёв, В.К. Щукин. Термодинамика и теплопередача: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1991. – 480 с.	352
2	К.С. Галягин, Т.А. Ульрих, Е.И. Вахрамеев, В.А. Гордеев, И.П. Лошманов, М.А. Ошивалов, Ю.А. Селянинов. Теоретические основы теплотехники. Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Пермь, Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 48 с.	100 (на кафедре)
2.2 Периодические издания		
Не предусмотрены		
2.3 Нормативно-технические издания		
Не предусмотрены		
2.4 Официальные издания		
Не предусмотрены		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на

20.09.2017

(дата составления рабочей программы)

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку дана

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1		Не предусмотрены		

8.3.2 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
–	–	–	–	Не предусмотрены

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория теплопередачи	Кафедра СПМиТМ	215 к.А	60	15
2	Компьютерный класс	Кафедра СПМиТМ	220 к.А	18	5

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	Лабораторная установка по исследованию теплопроводности, теплоотдачи и излучения	3	оперативное управление	215 к.А
4	Компьютеры	5	оперативное управление	220 к.А

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		