


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  В.И. Ряжских  
«21» февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Теплопередача»

**Специальность** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

**Специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей


**Квалификация выпускника** инженер

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2023

Автор программы



/ А.В. Москвичев /

Заведующий кафедрой  
Ракетных двигателей



/ В.С. Рачук /

Руководитель ОПОП



/ В.С. Рачук /

Воронеж 2023

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

ознакомление студентов с законами различных видов теплообмена, необходимыми для проведения всесторонних, часто поэтапных, тепловых расчетов основных агрегатов двигателя, направленное на обеспечение профессиональной деятельности специалиста широкого профиля.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

изучение теплопроводности при стационарном режиме; изучение теплопроводности при нестационарном режиме; изучение основных положений конвективного теплообмена; изучение процесса теплоотдачи при вынужденном движении в каналах; изучение теплообмена излучением; изучение теплоотдачи в химически реагирующих потоках.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теплопередача» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теплопередача» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен проводить расчёты прочности, надежности и рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	<p>ЗНАТЬ: виды теплообмена; основные законы переноса теплоты; конвективный теплообмен; тепловое излучение; дифференциальные уравнения переноса теплоты; уравнение сохранения энергии; дифференциальные уравнения теплопроводности; основные законы переноса вещества; режимы движения жидкости; уравнение неразрывности; характеристики турбулентного движения (характер, структура); основные положения теории подобия; критерии подобия; числа Эйлера и Фруда; безразмерный коэффициент массоотдачи и число Нусельта; числа Прандтля, Пекле и Фурье; число Био; критерий фазового перехода; критериальные уравнения и их вид.</p> <p>УМЕТЬ: применять закон распространения тепла Фурье с применением коэффициента теплопроводности для разных материалов при многослойной и цилиндрической стенках; определить поле температур в тонком стержне (ребре); определить тепловой поток в тонком стержне (ребре) и теплообмен через ребристую стенку; пользоваться программой расчёта охлаждения камеры сгорания ЖРД для разных температур горения и пары горючего и окислителя топлива.</p> <p>ВЛАДЕТЬ: методологией и методами теплопередачи, обеспечивающими создание конкурентоспособных образцов новой аэрокосмической техники</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теплопередача» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		4	5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	144	72	72
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	108	36	72
<b>Курсовая работа</b>	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	зачет	экзамен
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	Предмет, цели и задачи. Виды передачи теплоты (теплообмена): конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Температурное поле. Тепловой поток. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной стенок на стационарных режимах. Теплопроводность цилиндрической стенки. Контактное тепловое сопротивление.	4	4	16	18	42
2	Конвективный теплообмен	Физическая картина процесса конвективного теплообмена. Формула Ньютона. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Понятие подобия физических процессов. Критерии подобия и критериальные уравнения конвективного теплообмена. Понятие автомодельности. Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя в каналах. Особенности теплообмена при	6	8	16	18	48

		движении газообразного теплоносителя с большой скоростью. Конвективный теплообмен при свободном движении теплоносителя.					
3	Передача теплоты через стенки и методы тепловой защиты	Физическая картина и основные закономерности передачи теплоты через стенки. Передача теплоты через ребро и оребренную стенку. Способы тепловой защиты элементов конструкции воздушных судов военного назначения и их силовых установок.	7	5	16	18	46
4	Теплообмен излучением	Основные определения и законы излучения абсолютно черного тела. Особенности излучения и поглощения реальных тел. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Влияние экранов. Особенности излучения газов и пламени. Проблема заметности летательных аппаратов в инфракрасном диапазоне излучения.	7	8	8	18	41
5	Особенности нестационарных процессов теплообмена	Физическая картина процесса. Критерии подобия и критериальное уравнение процесса нестационарной теплопроводности. Особенности процессов теплообмена при больших и малых значениях критерия Био.	7	6		18	31
6	Теплообменные аппараты. Заключение	Общие сведения о теплообменных аппаратах. Основные типы теплообменных аппаратов. Конструкция, принцип работы теплообменных аппаратов и систем охлаждения, устанавливаемых на авиационных двигателях военного назначения. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.  Заключение. Перспективы развития и теории теплообмена.	5	5	16	18	44
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>108</b>	<b>252</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Исследование теплопроводности материалов методом пластины

Исследование теплоотдачи при естественной конвекции воздуха около горизонтального цилиндра

Исследование теплоотдачи при естественной конвекции воздуха около вертикального цилиндра

Исследование теплопередачи при вынужденном движении воздуха в трубе

Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом

Исследование теплового процесса в теплообменном аппарате типа «труба в трубе»

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

## И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет теплообменного аппарата»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- определение гидравлических характеристик теплообменного аппарата
- определение геометрических характеристик теплообменного аппарата
- построение температурного графика работы теплообменного аппарата

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

### 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	<p>знать виды теплообмена; основные законы переноса теплоты; конвективный теплообмен; тепловое излучение; дифференциальные уравнения переноса теплоты; уравнение сохранения энергии; дифференциальные уравнения теплопроводности; основные законы переноса вещества; режимы движения жидкости; уравнение неразрывности; характеристики турбулентного движения (характер, структура); основные положения теории подобия; критерии подобия; числа Эйлера и Фруда; безразмерный коэффициент массоотдачи и число Нусельта; числа Прандтля, Пекле и Фурье; число Био; критерий фазового перехода; критериальные уравнения и их вид.</p>	<p>Практические занятия, лабораторный практикум</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>уметь применять закон распространения тепла Фурье с применением коэффициента теплопроводности для разных материалов при многослойной и цилиндрической стенках; определить поле температур в тонком стержне (ребре); определить тепловой поток в тонком стержне (ребре) и теплообмен через оребренную стенку; пользоваться</p>	<p>Практические занятия, лабораторный практикум</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

	программой расчёта охлаждения камеры сгорания ЖРД для разных температур горения и пары горючего и окислителя топлива.			
	владеть методологией и методами теплопередачи, обеспечивающими создание конкурентоспособных образцов новой аэрокосмической техники	Практические занятия, лабораторный практикум	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4, 5 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать виды теплообмена; основные законы переноса теплоты; конвективный теплообмен; тепловое излучение; дифференциальные уравнения переноса теплоты; уравнение сохранения энергии; дифференциальные уравнения теплопроводности; основные законы переноса вещества; режимы движения жидкости; уравнение неразрывности; характеристики турбулентного движения (характер, структура); основные положения теории подобия; критерии подобия; числа Эйлера и Фруда; безразмерный коэффициент массоотдачи и число Нусельта; числа Прандтля, Пекле и Фурье; число Био; критерий фазового перехода; критериальные уравнения и их вид.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять закон распространения тепла Фурье с применением коэффициента теплопроводности для разных материалов при многослойной и цилиндрической стенках; определить поле температур в тонком стержне (ребре); определить тепловой поток в тонком стержне (ребре) и теплообмен через ребристую стенку; пользоваться программой расчёта охлаждения камеры сгорания ЖРД для разных температур горения и пары горючего и окислителя топлива.	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методологией и методами теплопередачи, обеспечивающими создание конкурентоспособных образцов новой аэрокосмической техники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	<p>знать виды теплообмена; основные законы переноса теплоты; конвективный теплообмен; тепловое излучение; дифференциальные уравнения переноса теплоты; уравнение сохранения энергии; дифференциальные уравнения теплопроводности; основные законы переноса вещества; режимы движения жидкости; уравнение неразрывности; характеристики турбулентного движения (характер, структура); основные положения теории подобия; критерии подобия; числа Эйлера и Фруда; безразмерный коэффициент массоотдачи и число Нусельта; числа Прандтля, Пекле и Фурье; число Био; критерий фазового перехода; критериальные уравнения и их вид.</p>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<p>уметь применять закон распространения тепла Фурье с применением коэффициента теплопроводности для разных материалов при многослойной и цилиндрической стенках; определить поле температур в тонком стержне (ребре); определить тепловой поток в тонком стержне (ребре) и теплообмен через оребренную стенку; пользоваться программой расчёта охлаждения камеры сгорания ЖРД для разных температур</p>	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

горения и пары горючего и окислителя топлива.						
владеть методологией и методами теплопередачи, обеспечивающими создание конкурентоспособных образцов новой аэрокосмической техники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

№ вопроса	Вопрос	Варианты ответов
1	Верно ли, что между стенками, разделенными слоем газа, может существовать как конвективный теплообмен, так и теплообмен излучением?	1 - да 2 - нет
2	Является ли теплообмен между Солнцем и планетами примером сложного теплообмена?	1 - да 2 - нет
3	Является ли перенос теплоты через стекло примером сложного теплообмена?	"_"_"
4	Возможен ли конвективный теплообмен в твердом теле?	"_"_"
5	Является ли конвективная теплоотдача элементарным процессом?	"_"_"
6	Является ли процесс теплопередачи элементарным процессом?	"_"_"
7	Возможно ли явление массообмена при отсутствии конвекции?	"_"_"
8	Из двух единиц - Вт и Дж, является ли только Вт единицей тепловой мощности?	"_"_"
9	Теплопередача - это процесс конвективного теплообмена между потоками жидкости или газа и поверхностью твердого тела?	"_"_"
10	Теплоотдача - это процесс конвективного теплообмена между потоками жидкости или газа и поверхностью твердого тела?	"_"_"

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№ вопроса	Вопрос	Варианты ответов
1	Могут ли изотермические поверхности пересекаться?	1 - да 2 - нет
2	Могут ли изотермические поверхности быть замкнутыми?	1 - да 2 - нет
3	Верно ли второе утверждение - $grad t \perp$ изотерме или $grad t \parallel$ изотерме?	"_"_"
4	Верно ли, что при стационарном режиме теплообмена перепад температур на стенке прямо пропорционален ее термическому сопротивлению?	"_"_"

5	Одинаковые ли размерности имеют плотность теплового потока и линейная плотность теплового потока?	"_""_"
6	Может ли увеличиваться эквивалентный коэффициент теплопроводности многослойной стенки при увеличении ее общего термического сопротивления, но при сохранении толщины стенки?	"_""_"
7	Верно ли, что в случае плоской стенки удельное термическое сопротивление теплоотдачи зависит только от коэффициента теплоотдачи?	"_""_"
8	Верно ли, что в случае цилиндрической стенки удельное термическое сопротивление теплоотдачи зависит только от коэффициента теплоотдачи?	"_""_"
9	Всегда ли термическое сопротивление теплопередачи между жидкостями через стенку больше термического сопротивления этой стенки?	"_""_"
10	В случае теплопередачи от воды к воздуху через разделяющую их металлическую стенку является ли оребрение стенки со стороны воздуха более эффективным, чем со стороны воды?	"_""_"

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№ вопроса	Вопрос	Варианты ответов
1	Достаточно ли знать условия однозначности, чтобы описать процесс изменения температурного поля в твердом теле?	1 - да 2 - нет
2	Достаточно ли знать дифференциальное уравнение теплопроводности, чтобы определить температурное поле в твердом теле (в любой точке и в любой момент времени)?	1 - да 2 - нет
3	Одинаковы ли размерности коэффициентов температуропроводности и теплопроводности?	"_""_"
4	Возможно ли осуществление граничных условий 1 рода на поверхности шара?	"_""_"
5	Зависит ли от характера граничных условий вид формулы, полученной после решения дифференциального уравнения теплопроводности и описывающей температурное поле?	"_""_"
6	Верно ли, что безразмерная координата $X$ становится равной нулю в центре пластины толщиной $2\delta$ ?	"_""_"
7	Может ли безразмерная температура увеличиваться в режиме нагревания или в режиме охлаждения?	"_""_"
8	Можно ли по типовым диаграммам вида $\Theta = f( Fo, Bi )$ для цилиндра определить безразмерную температуру в любой точке неограниченного цилиндра?	"_""_"
9	Достаточно ли одной из диаграмм вида $\Theta = f( Fo, Bi )$ для пластины, чтобы определить разность безразмерных температур между серединой и поверхностью неограниченной пластины?	"_""_"
10	Имеется ли в составе критериев Био и Фурье одноименный множитель?	"_""_"

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Виды (способы) переноса теплоты: физическая сущность, примеры.
2. Основные понятия теплопроводности (температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока) и их анализ.

3. Закон Фурье: физическая сущность, уравнение, анализ.
4. Теплопроводность плоской однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
5. Теплопроводность плоской многослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
6. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
7. Физические основы конвективного теплообмена (теплоотдачи): определение, факторы определяющие интенсивность теплоотдачи (анализ).
8. Закон Ньютона: уравнения, анализ: порядок нахождения коэффициента теплоотдачи.
9. Критерии подобия процесса конвективного теплообмена: виды, формулы, анализ.
10. Критериальные уравнения: определения, форма записи, назначение.
11. Теплоотдача при вынужденном внешнем обтекании теплоносителем плоской поверхности: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи.
12. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя в каналах: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи.
13. Теплоотдача при гравитационном свободном движении теплоносителя в неограниченном пространстве: понятия о свободном движении и условия его возникновения, картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
14. Теплоотдача при гравитационном свободном движении в ограниченном пространстве: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
15. Передача теплоты через плоскую однослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
16. Передача теплоты через плоскую многослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
17. Передача теплоты через цилиндрическую однослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
18. Тепловая изоляция стенок: назначение, определение толщины теплоизоляционного покрытия, применение материала.
19. Оребрение стенок: назначение, передача теплоты через оребренную стенку (картина процесса определение плотности теплового потока, анализ).
20. Тепловая защита стенок посредством конвективного охлаждения: картина процесса, анализ, примеры.
21. Тепловая защита стенок посредством заградительного (пленочного) охлаждения: картина процесса, анализ, примеры.
22. Тепловая защита стенок посредством пористого охлаждения: картина процесса, анализ, примеры.
23. Тепловая защита стенок посредством тугоплавких (пассивных) теплозащитных покрытий: картина процесса, анализ, примеры.

24. Тепловая защита стенок посредством уносимых (активных) теплозащитных покрытий: картина процесса, анализ, примеры.

### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Виды (способы) переноса теплоты: физическая сущность, примеры.
2. Основные понятия теплопроводности (температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока) и их анализ.
3. Закон Фурье: физическая сущность, уравнение, анализ.
4. Теплопроводность плоской однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
5. Теплопроводность плоской многослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
6. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
7. Физические основы конвективного теплообмена (теплоотдачи): определение, факторы определяющие интенсивность теплоотдачи (анализ).
8. Закон Ньютона: уравнения, анализ: порядок нахождения коэффициента теплоотдачи.
9. Критерии подобия процесса конвективного теплообмена: виды, формулы, анализ.
10. Критериальные уравнения: определения, форма записи, назначение.
11. Теплоотдача при вынужденном внешнем обтекании теплоносителем плоской поверхности: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи.
12. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя в каналах: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи.
13. Теплоотдача при гравитационном свободном движении теплоносителя в неограниченном пространстве: понятия о свободном движении и условия его возникновения, картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
14. Теплоотдача при гравитационном свободном движении в ограниченном пространстве: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
15. Передача теплоты через плоскую однослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
16. Передача теплоты через плоскую многослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
17. Передача теплоты через цилиндрическую однослойную стенку: картина процесса, определение плотности теплового потока, анализ.
18. Тепловая изоляция стенок: назначение, определение толщины теплоизоляционного покрытия, применение материала.
19. Оребрение стенок: назначение, передача теплоты через оребренную стенку (картина процесса определение плотности теплового потока, анализ).
20. Тепловая защита стенок посредством конвективного охлаждения:

картина процесса, анализ, примеры.

21. Тепловая защита стенок посредством заградительного (пленочного) охлаждения: картина процесса, анализ, примеры.

22. Тепловая защита стенок посредством пористого охлаждения: картина процесса, анализ, примеры.

23. Тепловая защита стенок посредством тугоплавких (пассивных) теплозащитных покрытий: картина процесса, анализ, примеры.

24. Тепловая защита стенок посредством уносимых (активных) теплозащитных покрытий: картина процесса, анализ, примеры.

25. Основные понятия теплообмена путем теплового излучения, основные величины, характеризующие тепловое излучение.

26. Основные законы излучения абсолютно черного тела (Планка, Вина, Стефана-Больцмана): сущность, уравнения, анализ.

27. Особенности излучения и поглощения реальных тел: понятия о степени черноты тела, серое тело, распределение интенсивности излучения по длине волн, определение излучательной способности реальных тел.

28. Закон Кирхгофа для теплового излучения: сущность, уравнение, анализ.

29. Теплообмен излучением между плоскими стенками: понятие об эффективной излучательной способности тела, определение плотности теплового потока, анализ.

30. Влияние экранов на теплообмен излучением: сущность, определение плотности теплового потока, анализ.

31. Излучение газов и пламени: особенности, определение плотности теплового потока, анализ.

32. Общие сведения о теплообменных аппаратах: определение, основные уравнения и схемы ТА и их характеристики.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 1 вопрос, одну стандартную и одну прикладную задачу. Каждый пункт в билете оценивается 12 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 36.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 24 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 24 до 36 баллов.

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 1 вопрос, одну стандартную и одну прикладную задачу. Каждый пункт в билете оценивается 12 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 36.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 11 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 12 до 18 баллов .

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 19 до 26

баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 27 до 36 баллов

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Физические основы передачи теплоты. Теплопроводность тел на стационарном режиме	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ
2	Конвективный теплообмен	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа
3	Передача теплоты через стенки и методы тепловой защиты	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа
4	Теплообмен излучением	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа
5	Особенности нестационарных процессов теплообмена	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа
6	Теплообменные аппараты. Заключение	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
<b>7.1.1. Основная литература</b>				
8.1.1.1	В.С. Чередниченко, В.А. Сеницын, А.И. Алиферов и др	Теплопередача. Часть 1: Основы теории теплопередачи. Учебное пособие для вузов. В 2 ч. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. - 232 с.	2008 печат.	0,3
8.1.1.2	Дахин С.В.	Тепло- и массообмен: Учеб. пособие	2008 печат.	1,0
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
8.1.2.1	Нащокин В.В.	Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер.-М.:Аз-book, 2008-2009.-469 с.	2009 печат.	0,3
8.1.2.2	Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.	Теплопередача: Учебник для вузов	1975 и др. печат.	1,0
8.1.2.3	Краснощеков Е.А., Сукомел А.С.	Задачник по теплопередаче. Учебное пособие для вузов. 4-е изд. перераб. - М.: Энергия, 1980. - 288 с., с ил.	1980 печат.	1,0
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
8.1.3.1	Д.П. Шматов С.В. Дахин Т.С. Тимошинова	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теплопередача» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. Д.П. Шматов, С.В. Дахин, Т.С. Тимошинова. Воронеж, 2015. 85 с. (387-2015)	2015 эл. ресурс	1,0
8.1.3.2	Д.П. Шматов С.В. Дахин Т.С. Тимошинова	Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине «Теплопередача» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. Д.П. Шматов, С.В. Дахин, Т.С.	2015 эл. ресурс	1,0

		Тимошинова. Воронеж, 2015. 173 с. (386-2015)		
7.1.3.3	Д.П. Шматов С.В. Дахин Т.С. Тимошинова	Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Теплопередача» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. Д.П. Шматов, С.В. Дахин, Т.С. Тимошинова. Воронеж, 2015. 104 с. (385-2015)	2015 эл. ресурс	1,0

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Microsoft Win Pro 10
2. Acrobat Pro 2017
3. NX Academic
4. 7 zip
5. Google Chrome
6. LibreOffice
7. Mozilla Firefox
8. LabView 2011, ANSYS R15
9. OppenOffice
10. <http://www.edu.ru/> - образовательный портал
11. <http://window.edu.ru>, <https://wiki.cchgeu.ru> - информационные справочные системы
12. [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
13. <http://vipbook.info> - электронная библиотека
14. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru) – электронная библиотека

**9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Аудитория № 153 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, оборудованная мультимедиа-проектором и экраном, для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитории № 154, № 149 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованные специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя для проведения лекционных и практических занятий.

Специализированная аудитория, оснащенная персональными

компьютерами и специальным программным обеспечением для лабораторных работ - учебная аудитория № 134 (ул. Ворошилова, 20, 7 эт.), укомплектованная специализированной мебелью и оборудованная техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Специализированная лаборатория для проведения лабораторных работ, оснащенная стендом для лабораторных работ:

Исследование теплопроводности материалов методом пластины

Исследование теплоотдачи при естественной конвекции воздуха около горизонтального цилиндра

Исследование теплоотдачи при естественной конвекции воздуха около вертикального цилиндра

Исследование теплопередачи при вынужденном движении воздуха в трубе

Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом

Исследование теплового процесса в теплообменном аппарате типа «труба в трубе»

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теплопередача» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета процессов теплопроводности, теплоотдачи и теплопередачи. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают

	<p>трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p>
<p>Практическое занятие</p>	<p>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</p>
<p>Лабораторная работа</p>	<p>Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			