

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.15**

(индекс дисциплины)

**Тепломассообмен**

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль подготовки: **Энергетика теплотехнологий**

Уровень образования: **Бакалавриат**

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение*	Заочное обучение*
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>396</b>		
	Аудиторные занятия	<b>158</b>		
	Лекции	53		
	Лабораторные занятия	53		
	Практические занятия	52		
	Самостоятельная работа	202		
	Промежуточная аттестация	<b>36</b>		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	4		
	Зачет	3		
	Контрольная работа			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>11</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная			<b>5</b>	<b>6</b>						
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № b130301-3\_20

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области:

- знаний о передаче теплоты и массы, обеспечивающих восприятие последующих учебных курсов в соответствии с уровнем образования «бакалавриат»;
- квалифицированного проведения элементарных расчетов задач теплопроводности, конвективного теплообмена, теплообмена при фазовых и химических превращениях и теплообмена излучением, массообмена, теплогидравлики;
- использования фактического научно-технического материала курса для непрерывной мировоззренческой и методологической подготовки студентов.

## 1.3. Задачи дисциплины

Приобретение и творческое усвоение студентами научно-теоретических и инженерно-практических вопросов в области:

- теплопроводности;
- конвективного теплообмена в однородной среде;
- теплообмена при фазовых и химических превращениях;
- теплообмена излучением;
- массообмена;
- теплообменных аппаратов.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-2	Способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) законы и основные физико-математические модели механизмов переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; 2) проблемы реконструкции и модернизации теплотехнического оборудования объектов и сооружений теплоэнергетики. Уметь: 1) применять современные методы исследования; 2) рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок; 3) рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов тепло-массообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты. Владеть: 1) основами расчета процессов тепло-массообмена в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования; 2) методиками испытаний технологического оборудования в соответствии с профилем работы; 3) представлением результатов научных исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях.		

**1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:**

- Математика (ОПК-2)
- Физика (ОПК-2)
- Химия (ОПК-2)
- Инженерная графика (ОПК-2)
- Механика (ОПК-2)
- Электротехника и электроника (ОПК-2)
- Техническая термодинамика (ОПК-2)
- Экология (ОПК-2)
- Информатика в задачах теплоэнергетики и теплотехнологии (ОПК-1)

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Теплопроводность</b>			
Тема 1. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.	25		
Тема 2. Передача теплоты через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки при стационарном режиме. Критический диаметр цилиндрической стенки. Пути интенсификации теплопередачи. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребристую стенку.	25		
Тема 3. Нестационарная теплопроводность. Регулярный режим.	24		
<b>Текущий контроль 1 (Тестирование)</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. Конвекция</b>			
Тема 4. Основные положения учения о конвективном теплообмене. Основные понятия и определения. Физические свойства жидкости. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Турбулентный перенос теплоты и количества движения.	15		
Тема 5. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Общие положения. Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Безразмерные переменные и уравнения подобия. Условия подобия физических процессов. Следствия из условий подобия. Метод размерностей. Моделирование процессов конвективного теплообмена.	15		
Тема 6. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Интегральные уравнения пограничного слоя. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Переход ламинарного течения в турбулентное. Теплоотдача при турбулентном пограничном слое.	15		
Тема 7. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Особенности движения и теплообмена в трубах. Интегральное уравнение теплоотдачи для стабилизированного теплообмена. Теплоотдача при течении жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах.	15		
Тема 8. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб.	15		
Тема 9. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Основные положения. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.	11		
Тема 10. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные понятия и законы. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача. Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов теплообмена и массообмена.	10		
<b>Текущий контроль 2 (Тестирование)</b>	1		
<b>Текущий контроль 2 (Контрольная работа)</b>			

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет)</b>	<b>8</b>		
<b>Учебный модуль 3. Теплообмен при изменении агрегатного состояния</b>			
Тема 11. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкости в большом объеме. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Структура потока при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости в условиях свободного движения.	23		
Тема 12. Теплообмен при кипении жидкости в условиях направленного течения. Структура двухфазного потока и теплообмен при кипении жидкости внутри труб при восходящем течении потока. Структура двухфазного потока и теплообмен при кипении жидкости внутри труб при гравитационном течении потока. Кризисы кипения.	22		
Тема 13. Теплообмен при конденсации чистого пара. Основные положения. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.	22		
<b>Текущий контроль 3 (Тестирование)</b>	<b>1</b>		
<b>Учебный модуль 4. Тепловое излучение.</b>			
Тема 14. Основные положения. Виды лучистых потоков. Вектор излучения. Законы теплового излучения.	22		
Тема 15. Теплообмен излучением между твердыми телами. Теплообмен излучением в системе тел с плоскопараллельными поверхностями. Излучательная способность твердых тел. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения.	22		
Тема 16. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Особенности излучения газов и паров. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен.	22		
<b>Текущий контроль 4 (Тестирование)</b>	<b>1</b>		
<b>Учебный модуль 5. Теплообменные аппараты.</b>			
Тема 17. Классификация теплообменных аппаратов. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Основные положения и уравнения теплового расчета. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Методы определения температур поверхности теплообмена.	22		
Тема 18. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов. Задачи расчета. Гидравлические сопротивления элементов теплообменного аппарата. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости.	22		
<b>Текущий контроль 5 (Устный опрос)</b>	<b>1</b>		
<b>Текущий контроль 5 (Контрольная работа)</b>			
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)</b>	<b>36</b>		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>396</b>		

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	3	5				
2	3	4				
3	3	5				
4	3	3				
5	3	2				
6	3	4				
7	3	4				
8	3	3				
9	3	2				

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
10	3	4				
11	4	2				
12	4	3				
13	4	1				
14	4	4				
15	4	2				
16	4	1				
17	4	2				
18	4	2				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>53</b>				

### 3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Теплопроводность при стационарном режиме	3	5				
3	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	3	4				
6	Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах	3	4				
7	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	3	5				
11	Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкости в большом объеме.	4	5				
12	Теплообмен при кипении жидкости в условиях направленного течения.	4	4				
13	Теплообмен при конденсации пара	4	3				
14	Законы теплового излучения.	4	5				
15	Теплообмен излучением между твердыми телами.	4	3				
16	Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен.	4	2				
17	Тепловой расчет теплообменных аппаратов.	4	6				
18	Гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	4	6				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>52</b>					

### 3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Определение коэффициента	3	8				

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	теплопроводности изоляционных материалов методом пластины						
7	Определение коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления при вынужденном течении воздуха внутри трубы	3	10				
9	Определение коэффициента теплоотдачи при свободном движении от стенки горизонтальной трубы к воздуху	3	8				
10	Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном поперечном омывании коридорного пучка труб	3	10				
12	Определение коэффициента теплоотдачи при свободном движении от стенки вертикальной трубы к воздуху	4	5				
15	Определение коэффициента излучения твердого тела калориметрическим методом	4	6				
17	Определение коэффициента теплопередачи газожидкостного теплообменного аппарата	4	6				
<b>ВСЕГО:</b>			<b>53</b>				

#### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

#### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Тестирование	3	2				
2	Контрольная работа						
3,4	Тестирование	4	2				
5	Устный опрос	4	1				

#### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	3	30				

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Подготовка к лабораторным занятиям	3	36				
Подготовка к практическим занятиям	3	16				
Выполнение контрольной работы						
Подготовка к зачету	3	8				
Усвоение теоретического материала	4	32				
Подготовка к лабораторным занятиям	4	40				
Подготовка к практическим занятиям	4	40				
Подготовка к экзамену	4	36				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>202+36</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Дискуссия	18		
<b>ВСЕГО:</b>		18		

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная  балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Ягов В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 542 с.,

Режим доступа - IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/33214>.— ЭБС

б) дополнительная учебная литература

2. Готовский М.А., Суслов В.А. Теплообмен в технологических установках ЦБП: учеб. пособие / СПб ГТУ РП. СПб., 2013. Часть 4. - 85 с,

Режим доступа - Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ - [nizrp.narod.ru/metod/kpte/3.pdf](http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/3.pdf)

3. Определение коэффициента гидравлического трения при движении воздуха в круглой трубе [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе №4/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 16 с., Режим доступа - IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/22900>

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Суслов В.А. Тепломассообмен [Текст]: учебное пособие В.А. Суслов / СПб ГТУ РП. СПб, 2006. - 119 с.: ил. 74. – Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/teplomassoobmen.htm>.-ЭБ ВШТЭ

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.iprbookshop.ru/> IPRbooks

2. <http://nizrp.narod.ru> Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ



**8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

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

1. Специализированная учебная аудитория.
2. Специализированные учебные лаборатории

**8.6. Иные сведения и (или) материалы**

1. Презентации по темам практических занятий.
2. Макеты узлов теплообменного оборудования.

**9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Освоение лекционного материала обучающимися доступно при выполнении следующих видов работ: - проработка рабочей программы - в соответствии с целями, задачами, структурой и содержанием дисциплины; - составление конспекта лекций – кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; отмечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. При возникших затруднениях в восприятии излагаемого материала следует сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.
Практические занятия	Расчеты интенсивности теплообмена при теплопроводности, конвекции, кипении, конденсации и излучении. Выполнение расчетных заданий, решение задач по алгоритму и др. Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ: - работа с конспектом лекций; - подготовка ответов к контрольным вопросам, тестовым заданиям.
Лабораторные занятия	Лабораторные занятия способствуют развитию практических навыков владения изучаемыми методами, оборудованием, технологиями и др. В результате выполнения лабораторных работ обучающийся должен освоить методику опытного определения характеристик интенсивности теплообмена.
Самостоятельная работа	Систематически прорабатывать пройденный материал и варианты расчетов, выполненные на практических занятиях в виде образца, необходимого для выполнения самостоятельных расчетов во внеаудиторное время. При написании контрольных работ, подготовке к зачету и экзамену необходимо проработать конспекты, рекомендуемую литературу и т.д.

**10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

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

**10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования**

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-2 (2)	Демонстрирует знания законов и основных физико-математических моделей механизмов переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и	Вопросы для устного собеседования. Практическое	Перечень вопросов для зачета (12 вопросов)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	<p>теплотехнологическим установкам и системам; проблем реконструкции и модернизации теплотехнического оборудования объектов и сооружений теплоэнергетики.</p> <p>Способен применять современные методы исследования; рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок; рассчитывать передаваемые тепловые потоки с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты.</p> <p>Использует основные методики расчетов процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования; методики испытаний технологического оборудования в соответствии с профилем работы; представляет результаты научных исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях.</p>	задание.	<p>Перечень вопросов для экзамена (56 вопросов).</p> <p>Перечень вопросов к зачету (12 вопросов).</p> <p>Практические задания (20 задач)</p>

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
отлично	<p>Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных теплофизических законов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных теплофизических законов и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p>
хорошо	<p>Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных теплофизических законов, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его</p>

		интерпретацией.
удовлетворительно	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать физические законы, понятия и определения, но при этом, допуская большое количество неприципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.
неудовлетворительно	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные теплофизические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать формулы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных теплофизических законов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных теплофизических законов и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные теплофизические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов для зачета	
1	Температурные поля: одномерные; многомерные; стационарные; нестационарные.	1
2	Градиент температуры.	1
3	Передача теплоты через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки при стационарном режиме.	2
4	Нестационарная теплопроводность.	3
5	Основные положения учения о конвективном теплообмене. Основные понятия и определения.	4
6	Условия подобия физических процессов. Следствия из условий подобия.	5
7	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности и при ламинарном пограничном слое.	6
8	Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Особенности движения и теплообмена в трубах.	7
9	Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб.	8
10	Теплоотдача при свободном движении жидкости.	9

11	Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные понятия и законы.	10
12	Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов теплообмена и массообмена.	10

№ п/п	Формулировка вопросов для экзамена	№ темы
1	Температурные поля: одномерные; многомерные; стационарные; нестационарные.	1
2	Градиент температуры.	1
3	Тепловой поток; плотность теплового потока.	1
4	Виды теплообмена (понятия). Теплопередача.	1
5	Теплопроводность (понятие). Уравнение Фурье.	1
6	Коэффициент теплопроводности газов.	1
7	Коэффициент теплопроводности жидкости.	1
8	Коэффициент теплопроводности металлов.	1
9	Дифференциальное уравнение теплопроводности, его частные виды: уравнение Пуассона; Лапласа.	1
10	Условия однозначности.	1
11	Теплопроводность плоской стенки: граничные условия I рода; III рода.	2
12	Теплопроводность цилиндрической стенки: граничные условия I рода; III рода.	2
13	Критический диаметр цилиндрической стенки. Критический диаметр тепловой изоляции.	2
14	Теплопроводность шаровой стенки: граничные условия I рода; III рода.	2
15	Интенсификация теплопередачи.	2
16	Уравнение распределения температуры стержня вдоль его длины в условиях нестационарного теплообмена. Число Bi. Коэффициент эффективности ребра.	2
17	Охлаждение неограниченной пластины. Критерий Фурье. Номограммы $\theta = f( Fo )$ .	3
18	Условия однозначности при конвективном теплообмене.	5
19	Классификация переменных.	5
20	Теория подобия: вывод критериев подобия.	5
21	Основные критерия подобия. Их физический смысл.	5
22	Продольное омывание плоской поверхности. Условия прилипания.	6
23	Гидродинамический пограничный слой.	6
24	Тепловой пограничный слой.	6
25	Турбулентный перенос теплоты и количества движения.	6
26	Система уравнений ламинарного пограничного слоя.	6
27	Система уравнений турбулентного пограничного слоя.	6
28	Теплоотдача при ламинарном пограничном слое.	6
29	Теплоотдача при турбулентном пограничном слое.	6
30	Основные режимы течения в трубах.	7
31	Теплоотдача при ламинарном течении жидкости в трубах и каналах.	7
32	Теплоотдача при турбулентном режиме течения жидкости.	7
33	Теплоотдача в изогнутых и шероховатых трубах.	7
34	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании одиночной трубы.	8
35	Теплоотдача при поперечном омывании коридорного пучка.	8
36	Теплоотдача при свободном движении жидкости.	9
37	Режимы при кипении жидкости в большом объеме.	11
38	Обобщающее уравнение Стюшена при кипении в большом объеме.	11
39	Режимы течения восходящего двухфазного потока и теплоотдача в них.	12
40	Обобщающее уравнение Стермана при кипении в трубах.	12
41	Режимы течения при гравитационно стекающем двухфазном потоке в вертикальных трубах и теплоотдача в нём.	12
42	Термические сопротивления при конденсации чистого пара.	13
43	Термическое сопротивление конденсатной пленки.	13
44	Закон Планка.	14
45	Закон Вина.	14
46	Закон Стефана-Больцмана.	14
47	Закон Кирхгофа.	14
48	Закон Ламберта.	14
49	Лучистый теплообмен между твердыми телами.	15
50	Лучистый теплообмен между телами с применением экранов.	15
51	Лучеиспускание газов.	16
52	Классификация теплообменных аппаратов.	17

53	Основные уравнения теплового расчета.	17
54	Температурный напор при прямо- и противотоке.	17
55	Температурный напор в сложных схемах движения.	17
56	Гидродинамический расчёт теплообменных аппаратов.	18

### 10.2.2. Вариант типовых задач, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, если стенка выполнена из стали $\lambda=40$ Вт/(м·°C), толщина стенки $\delta=50$ мм, температуры стенки поддерживаются постоянными $t_1=100$ °C, $t_2=90$ °C	$q = \lambda \cdot (t_1 - t_2) / \delta =$ $= 40 \cdot (100-90)/0,05=8000 \text{ Вт/м}^2$
2	Определить разность температур на поверхностях пробковой стенки $\lambda=0,07$ Вт/(м·°C), толщиной $\delta=50$ мм при плотности теплового потока через нее $q=70$ Вт/м <sup>2</sup>	$\Delta t = q \cdot \delta / \lambda = 70 \cdot 0,05 / 0,07 = 50^\circ\text{C}$

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

#### 10.3.3. Особенности проведения экзамена, зачета

Время на подготовку устного ответа – 45 минут. В это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы.