

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/С.Н. Щербич/  
«13» сентября 2019 г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

### Тепломассообмен

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность

**Энергообеспечение предприятий**

**13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность

**Электроснабжение**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2019

Рабочая программа дисциплины «Тепломассообмен» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Теплоэнергетика и теплотехника, (энергообеспечение предприятий) утвержденными:

- для очной формы обучения «29» августа 2019 года.
- для заочной формы обучения «29» августа 2019 года.

Электроэнергетика и электротехника, (электроснабжение) утвержденными:

- для очной формы обучения «29» августа 2019 года.
- для заочной формы обучения «29» августа 2019 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «12» сентября 2019 года, протокол №2.

Рабочую программу составил  
Доцент

 В.А. Савельев

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»

 В.И. Мошкин

Начальник управления  
образовательной деятельности

 С.Н. Синецын

Специалист по учебно – методической работе  
учебно – методического отдела

 Г.В. Казанкова

## 1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единиц трудоемкости (144 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		4
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	32	32
Лабораторные работы	8	8
Практические работы	8	8
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
<b>в том числе:</b>		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем, разделов дисциплины)	69	69
Подготовка к экзамену	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		5
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	4	4
Лабораторные работы	2	2
Практические работы	2	2
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>136</b>	<b>136</b>
<b>в том числе:</b>		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем, разделов дисциплины)	91	91
Контрольная работа	18	18
Подготовка к экзамену	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Тепломассобмен» относится к базовой части блока 1 и является обязательной для обучающегося.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Химия;
- Гидрогазодинамика;
- Техническая термодинамика.

Изучение указанной дисциплины необходимо для получения знаний, умения и навыков в последующих дисциплинах профессионального цикла.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Цель освоения учебной дисциплины «Тепломассобмен» заключается в формировании знаний о фундаментальных законах осуществления тепломассообменных процессов.

В задачи изучения дисциплины входят

- приобретения навыков анализа процессов тепломассообмена;
- выработка практических навыков определения параметров теплоносителей теплообменных аппаратов и устройств;
- получение навыков использования физико-математического аппарата для теоретического и экспериментального исследования, моделирования процессов тепломассообмена.

Компетенции, формируемые у учащихся в результате изучения дисциплины:

- способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспортирования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-3 направление 13.03.01).

- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2 направление 13.03.02).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать основные законы обмена тепловой энергией между физическими телами, технологии, аппараты и устройства, осуществляющие эти преобразования (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).
- Уметь использовать основные методы анализа, теоретического и экспериментального исследования теплообменных процессов (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).

- Владеть методиками проведения и обработки результатов теоретического и экспериментальных исследований; навыками использования источников информации для планирования, анализа и моделирования исследований процессов теплообмена (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Учебно-тематический план

Очная и заочная формы обучения

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем					
		Лекции		Практич. занятия		Лабораторные работы	
		О	З	О	З	О	З
		семестр		семестр		семестр	
		4	5	4	5	4	5
1	Основные понятия и определения теории теплообмена.	4	2	-	-	-	-
2	Теплопроводность.	6	-	-	-	4	2
3	Конвективный теплообмен.	6	-	4	2	4	-
4	Лучистый теплообмен.	6	-	-	-	-	-
5	Теплопередача (сложный теплообмен)	6	2	-	-	-	-
6	Теплообменные аппараты.	4	-	4	-	-	-
Итого :		32	4	8	2	8	2

### 4.2. Содержание лекционных занятий.

#### 1. Основные понятия и определения теории теплообмена.

Виды теплообмена: теплопроводность (кондукция), конвекция (перемешивание), тепловое излучение (радиация).

#### 2. Теплопроводность.

Температурное поле, тепловой поток, температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки, многослойные стенки, трубы.

#### Раздел 3. Конвективный теплообмен.

Теплоотдача, теплоносители. Закон конвективного теплообмена Ньютона – Рихмана, коэффициент теплоотдачи, температурный напор. Критериальные уравнения. Теория подобия физических процессов, тепловое моделирование. Основные критерии подобия Нуссельта  $Nu$ , Рейнольдса  $Re$ ,

Грасгофа Gr, Прандля Pr. Понятие гидродинамического и теплового пограничных слоёв. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости, ламинарном и турбулентном пограничном слое. Теплоотдача при кипении и конденсации жидкости.

#### Раздел 4. Лучистый теплообмен.

Природа теплового излучения. Поверхностная плотность потока интегрального излучения. Энергия излучения, поглощения, отражения и пропускания. Эффективное излучение. Законы излучения Планка, Вина, Стефана – Больцмана, Кирхгофа и Ламберта. Теплообмен излучением между твердыми телами. Влияние экранов на излучение. Излучение и поглощение теплоты в газах.

#### Раздел 5. Теплопередача.

Понятие о сложном теплообмене. Теплопередача через однослойную, многослойную и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление. Конвективная и лучистая плотности теплового потока.

#### Раздел 6. Теплообменные аппараты.

Понятие о теплообменных аппаратах и их типах. Основы расчета ТА. Схемы движения жидкости и расчетные уравнения, определение температурных напоров.

#### 4.3. Практически занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.	
			0	3
			семестр	
			4	5
3.	Конвективный теплообмен.	Расчеты конвективного теплообмена.	2	2
Рубежный контроль №1			2	-
6.	Теплообменные аппараты.	Расчет рекуперативного теплообменного аппарата.	2	-
Рубежный контроль №2			2	-
<b>Всего:</b>			<b>8</b>	<b>2</b>

#### 4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			0	3
			семестр	
			4	5
2.	Теплопроводность.	Определение теплопроводности теплоизоляционного цилиндрического слоя.	4	2
3	Конвективный теплообмен.	Изучение теплоотдачи горизонтальной трубы воздуху.	4	-
<b>Всего:</b>			<b>8</b>	<b>2</b>

#### 4.5 Контрольная работа (для заочной формы обучения)

Контрольная работа выполняется согласно методических рекомендаций

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, подготовку к рубежному контролю, экзамену.

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы и практических занятий.

Практические занятия проводятся в форме разбора и повторения теоретического материала и самостоятельного решения задач по предлагаемым темам.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы, приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов по лабораторным работам.

Для текущего контроля успеваемости (для очной формы обучения) преподавателем используется балльно – рейтинговая система контроля и оценки академической успеваемости. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных при проведении испытаний и практических заня-

тиях при решении практических задач в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	0	3
	семестр	
	4	5
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>57</b>	<b>88</b>
Основные понятия и определения теории теплообмена.	7	15
Теплопроводность.	10	15
Конвективный теплообмен.	10	15
Лучистый теплообмен.	10	15
Теплопередача ( сложный теплообмен)	10	14
Теплообменные аппараты.	10	14
<b>Подготовка к практическим занятиям ( по 1 часу на каждое занятие)</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Подготовка к лабораторным занятиям ( по 2 часа на каждое занятие)</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Подготовка к рубежному контролю ( по 2 часа на каждый рубеж)</b>	<b>4</b>	<b>-</b>
<b>Контрольная работа</b>	<b>-</b>	<b>18</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>96</b>	<b>136</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно – рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ ( для очной формы обучения ).
2. Отчеты студентов по лабораторным работам.
3. Банк вопросов к экзамену.
4. Задания к рубежному контролю 1,2 ( для очной формы обучения ).
5. Контрольная работа ( для заочной формы обучения ).

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине



№	Наименование	Содержание						
		Распределение баллов за 4 семестр						
	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение практических работ	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экзамен
		Балльная оценка:	До 16	До 6	До 12	До 18	До 18	До 30
		Примечания:	16 лекций по 1 баллу	До 3-х баллов за 2-х часовое занятие (2пр. зан. 2-х часовых)	До 6-ти баллов за 4-х часовую лабораторную работу (2л.р. 4-х часовых)	На 4-й лабораторной работе 4 семестр	На 8-й лабораторной работе 4 семестр	-
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	<b>60 и менее баллов – неудовлетворительно;</b> <b>61...73 – удовлетворительно;</b> <b>74... 90 – хорошо;</b> <b>91...100 – отлично</b>						
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все лабораторные и практические работы (очная форма обучения), контрольные работы (заочная форма обучения)..</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <p>- 68 для получения «автоматически» оценки «удовлетворительно».</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических и лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p>						

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 8 баллов;</li> <li>- выполнение и защита пропущенной практической работы – до 2 баллов.</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
---	--	---

## 6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежного контроля № 1,2 (4 семестр) состоят из 18 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов. Время, отводимое студенту на экзамен, составляет 1 астрономический час, каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

Результаты экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день сдачи экзамена и выставляются в зачетную книжку студента.

### 6.3. Примеры оценочных средств (для рубежных контролей и экзамена)




#### Примерный перечень вопросов к и экзамену

1. Теплообмен. Виды переноса теплоты. Основные понятия и определения.
2. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Градиент температуры. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условие однозначности.
3. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок.
4. Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки.
5. Конвективный теплообмен. Особенности движения жидкостей и газов. Свободная и вынужденная конвекция. Уравнение Ньютона – Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
6. Основы теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия.
7. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах.
8. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы.
9. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Расчёт коэффициента теплоотдачи.
10. Теплообмен излучением. Общие понятия и определения. Основные законы теплового излучения.
11. Теплообмен излучением между телами, разделёнными прозрачной средой.
12. Влияние экранов на излучение.
13. Излучение и поглощение в газах.
14. Теплообмен при кипении и конденсации.
15. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Сложный теплообмен.
16. Теплопередача при движении теплоносителей через цилиндрическую стенку.
17. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
18. Основные схемы движения теплоносителей в теплообменниках.
19. Уравнение теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор. Основы теплового расчёта теплообменных аппаратов

## Примеры тестовых заданий для рубежного контроля

### Рубежный контроль №1. (4 семестр)

#### Тестовое задание №1.

1. Какая формула отображает градиент температуры ?	1. $\frac{\partial t}{\partial n}$ 3. $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ 2. $\frac{\partial t}{\partial z}$ 4. $\frac{\partial t}{\partial k}$
2. Что такое теплоотдача ?	1. Передача теплоты между теплоносителями через твердую стенку 2. Передача теплоты от твердой стенки к подвижной среде при разных температурах
3. Какая схема отображает теплообменный аппарат прямоточной системы?	1.  2.  3. 
4. Явление конвекции наблюдается в...	1. металлах; 2. твёрдых телах и жидкостях; 3. жидкостях и газах;
5. Основным законом теплопроводности является...	1. Закон Ома; 2. Закон Вина; 3. Закон Фурье.
6. Коэффициент теплопроводности $\lambda$ характеризует:	1. Способность тела выравнять температуру; 2. Скорость изменения температуры в теле; 3. Способность тела проводить теплоту;
7. Каким выражением определяется критерий Нуссельта?	a. $\alpha F(t_{ст} - t_{ж})$ b. $\lambda F(t_{ж} - t_{ст})$ ,    c. $kF(t_{ж1} - t_{ж2})$ d. $\alpha l / \lambda$ .
8. Какие теплообменные аппараты называются рекуперативными?	1. аппараты перемешивающие теплоносители 2. передающие теплоту от одного теплоносителя к другому через стенку. 3. нагревающие теплоноситель в котле
9. По какому закону изменяется температура по толщине плоской стенки?	1. Параболическому; 2. Линейному; 3. Логарифмическому
10. Какую размерность имеет коэффициент температуропроводности $\alpha$ ?	a. Вт/м·К;    c. м <sup>2</sup> /с; b. Дж/м·К;    d. Вт/м <sup>2</sup> ·К.

## Тестовое задание №2

1. Какая формула описывает вектор плотности теплового потока?	1. $Q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial t}{\partial U}$ 2. $q = -\lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial n}$ 3. $Q = S \cdot V$
2 В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности ?	1. $\frac{m^2}{c}$ 2. $\frac{Дж}{m^3 \cdot K}$ 3. $\frac{Вт}{m \cdot K}$
3 Какой критерий подобия включает безразмерный коэффициент теплопередачи ?	1. Nu    2. Re    3. Pr    4. Fr    5. $\sigma_T$ 6. Pe
4. Какую меру состояния вещества характеризует температура?	1. поверхностное состояние 2. внутреннюю энергию 3. силу тяги
5. Каким выражением определяется критерий Нуссельта?	а. $\frac{\lambda(t_{ст} - t_{ж})}{l}$ ; б. $\frac{\alpha l}{\lambda_{ст}}$ ; в. $\frac{\lambda l}{\alpha}$ .
6. По какому закону изменяется температура по толщине плоской стенки?	а. Параболическому; б. Линейному; в. Логарифмическому; д. Гиперболическому.
7. Какие показатели характеризуют тепловое поле?	1. теплоёмкость 2. температурное расширение 3. координаты точки, 4. распределение температуры в пространстве. 5. распределение температуры в пространстве и времени.
8. Какие вещества из перечисленных имеют наименьший коэффициент теплопроводности?	а. Металлы; б. Жидкости; в. Газы; д. Теплоизоляторы.
9. Что характеризует термическое сопротивление при сложном теплообмене?	1. сопротивление теплопередаче 2. скорость перемещения теплоносителя 3. размеры теплообменного аппарата, 4. превращение теплоты в работу.
10. Укажите выражение закона Вина и поясните что он выражает?	1. $T \cdot \lambda_{max} = 2.898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ . 2. $(t_{ст} - t_{ж}) \lambda l = Q$ . 3. $Q = c_p \Delta t$ .

### Тестовое задание №3

<p>1. Какое число подобия определяет интенсивность конвективного теплообмена?</p>	<p>1 Число Фруда <math>Fr</math>;                  2. Число Фурье <math>Fu</math>;                  3. Число Нуссельта <math>Nu</math>;                  4. Число Эйлера <math>Eu</math>.</p>
<p>2. Каким выражением определяется тепловой поток <math>Q</math> при теплопередаче?</p>	<p>a. <math>kF(t_{ж1} - t_{ж2})</math>; b. <math>(t_{ст} - t_{ж})</math>; c. <math>\varepsilon CoFT_4</math>; d. <math>\lambda F \Delta t</math>.</p>
<p>3. Каким выражением определяется критерий Нуссельта?</p>	<p>1. <math>\alpha F(t_{ст} - t_{ж})</math><sup>3</sup>                  2. <math>\lambda F(t_{ст} - t_{ж})</math><sup>3</sup>                  3. <math>kF(t_{ж1} - t_{ж2})</math>;                  4. <math>Nu = \alpha l / \lambda</math></p>
<p>4. Какие тела используются для ослабления лучистого потока?</p>	<p>a. С большой отражательной способностью;                  b. С большой поглощательной способностью;                  c. Серые;                  d. С шероховатой поверхностью.</p>
<p>5. При какой схеме движения теплоносителей требуется меньшая поверхность теплообмена?</p>	<p>a. Прямоток b. Противоток; c. Перекрестный ток; d. Теплообмен не зависит от схемы движения.</p>
<p>6 Укажите какой процесс описывается формулой  <math>q = \alpha \cdot \Delta t</math></p>	<p>1. передача теплоты кондукцией .                  2. передача теплоты радиацией.                  3. конвективный теплообмен.</p>
<p>7. Дать определение коэффициента теплопередачи:</p>	<p>a. Характеризует перенос теплоты от жидкости к стенке;                  b. Определяет интенсивность переноса теплоты от горячего теплоносителя к холодному;                  c. Описывает перенос теплоты внутри тела;                  d. Показывает способность теплоносителя аккумулировать теплоту.</p>
<p>8. Какой тепловой поток можно определить по формуле:  <math>q = t_{c1} - t_{c2} / \delta / \lambda</math></p>	<p>1. через трубу                  2. через шар                  3. через однослойную стенку</p>
<p>9. Что определяет уравнение вида:  <math>dt/d\tau = \alpha \nabla^2 t + d\psi/c\rho</math></p>	<p>1. уравнение теплоотдачи                  2. уравнение теплопередачи                  3. уравнение теплопроводности</p>

10. Какое равенство отражает интенсивность теплоотдачи в пограничном слое?	1. $Re = w \cdot d / \nu$ 2. $Nu = \alpha \ell / \lambda$ 3. $Eu = p / \rho g$ 4. $Fr = \nu \rho / g$
--	--

### Тестовое задание №4

1. Какой показатель характеризует эффективность теплообменного аппарата	1. интенсивность нагрева; 2. поверхность теплоотдачи; 3. интенсивность теплового потока;
2. Каким выражением определяется критерий Нуссельта?	a. $\alpha F(t_{ct} - t_{ж})$ b. $\lambda F(t_{ж} - t_{ct})$ ,    c. $kF(t_{ж1} - t_{ж2})$ d. $\alpha \ell / \lambda$ .
3. Указать формулу для определения плотности теплового потока $q$ для плоской стенки	1. $q = 0, \ell = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2)$ .    2. $q = RT \cdot \ln(p_1/p_2)$ , $\ell = q$ . 3. $q = \lambda \cdot (T_2 - T_1) / \delta$ .
4. Укажите формулу определения коэффициента поглощения	1. $A = E_A / E_{над}$ 2. $R = E_R / E_{над}$ 3. $A = E_D / E_{над}$
5. Для какого случая используется зависимость $Nu = CRe^m Pr^n$	1. для свободного движения жидкости; 2. для вынужденного движения жидкости; 3. для излучения жидкости;
6. Что определяет зависимость $E_{эф} = E + RE_{над}$	1. Эффективность отражения; 2. Эффективность поглощения; 3. Эффективность излучения.
7. Какое выражение определяет термическое сопротивление теплопередачи $R$ через плоскую стенку?	a. $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$ ;    b. $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$ ; c. $\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}$ ;    d. $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda}$
8. Указать выражение для определения поверхности теплообменного аппарата $F$ :	a. $\frac{Q}{k\Delta t}$ ;    b. $\frac{Q}{\alpha\Delta t}$ c. $\frac{Q}{\lambda\Delta t}$ d. $\frac{Q}{c\Delta t}$
9. От каких величин зависит конвекция?	1. скорости движения теплоносителя, 2. силы притяжения, 3. силы давления.

10. Что характеризует критерий Прандля?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скорость движения теплоносителя,</li> <li>2. скорость распространения теплоты в жидкости,</li> <li>3. скорость распространения теплоты в твердых телах</li> </ol>
---	---

## Рубежный контроль №2 (4 семестр)




### Тестовое задание №1.

1. Абсолютно чёрное тело способно всю падающую на него энергию излучения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пропускать;</li> <li>2. Поглощать;</li> <li>3. Отражать;</li> <li>4. Пропускать и отражать</li> </ol>
2. Что характеризует при конвективном теплообмене критерий Грасгофа?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режим движения теплоносителя</li> <li>2. Способность распространения теплоты в жидкости</li> <li>3. Подъёмную силу</li> </ol>
3. Выбрать определение лучистого теплообмена:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перенос теплоты электромагнитными волнами;</li> <li>2. Излучение в области длин волн видимого света;</li> <li>3. Перенос теплоты микрочастицами тела.</li> <li>4. Перенос теплоты электромагнитными волнами с двойным преобразованием энергии – тепловой в лучистую и лучистой в тепловую.</li> </ol>
4. Какие тела имеют степень черноты $\varepsilon = 1$ :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Абсолютно белые;</li> <li>2. Абсолютно черные;</li> <li>3. Серые;</li> <li>4. Нейтральные.</li> </ol>
5. Дать определение кризиса кипения в большом объеме:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Образование пузырьков пара на нагреваемой поверхности;</li> <li>2. Интенсивное образование паровой фазы ;</li> <li>3. Переход от пузырькового кипения к пленочному;</li> <li>4. Кипение на стенке со слоем накипи с низкой теплопроводностью.</li> </ol>
6. При конденсации пара как изменяется коэффициент теплоотдачи с ростом толщины стекающей плёнки конденсата?	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Увеличивается;</li> <li>b. Уменьшается;</li> <li>c. Не меняется;</li> <li>d. Колеблется около некоторого среднего значения.</li> </ol>
7. К каким теплообменным аппаратам относится радиатор автомобильного двигателя?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. регенеративным</li> <li>2. смесительным</li> <li>3. рекуперативным</li> </ol>



8. Какие виды теплообмена участвуют в топке парогенератора?	1. кондукция 2. радиация 3. конвекция 4. радиация и конвекция
9. Указать выражение для определения поверхности теплообменного аппарата F:	1. $\frac{Q}{\kappa \Delta t}$ ;    2. $\frac{Q}{\alpha \Delta t}$ 3. $\frac{Q}{\lambda \Delta t}$ 4. $\frac{Q}{c \Delta t}$
10. Укажите выражение определяющее теплопроводность.	1. $Q = \kappa F \Delta t$ 2. $q = - \lambda \cdot \text{grad} t$ 3. $Q = \alpha F \Delta t.$

### Тестовое задание №2.

1. Степень черноты тела определяется по формуле...	1. $\varepsilon = A_0 \cdot E$ 2. $\varepsilon = E/E_0$ 3. $\varepsilon = q/\varepsilon_0$
2. Какие тела имеют степень черноты $\varepsilon = 1$ :	1. Абсолютно белые; 2. Абсолютно черные; 3. Серые; 4. Нейтральные.
3. Явление конвекции наблюдается в...	1. Металлах; 2. Твёрдых телах и жидкостях; 3. Жидкостях и газах;
4. Укажите выражение определяющее теплопроводность.	1. $Q = \kappa F \Delta t$ 2. $q = - \lambda \cdot \text{grad} t$ 3. $Q = \alpha F \Delta t.$
5. Какой степени абсолютной температуры T твердого тела пропорциональна излучаемая энергия?	1. . Первой; 2. Второй; 3. Третьей; 4. Четвертой.
6. . Какая схема отображает теплообменный аппарат проточной системы?	1.  2.  3. 
7. Какие лучи называют инфракрасными?	1. с длиной волны $\lambda = 0,4 \text{ мкм.}$ 2. с длиной волны $\lambda = 0,8 \text{ мкм.}$ 3. с длиной волны $\lambda = (\text{от } 0,8 \text{ мкм. до } 400 \text{ мкм}).$

8. Какой теплообменный аппарат называется конденсатором ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. для получения теплоты;</li> <li>2. для перевода пара в жидкость;</li> <li>3. для получения электрической энергии;</li> </ol>
9. Дайте определение конвективному теплообмену?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. передача теплоты через газ;</li> <li>2. передача теплоты на границе твердая стенка теплоноситель;</li> <li>3. передача теплоты в твердой стенке.</li> </ol>
10. Какая формула отображает плотность теплового потока через плоскую стенку?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>q = \lambda \cdot (T_2 - T_1) / \delta</math>.</li> <li>2. <math>q = RT \cdot \ln(p_1/p_2)</math></li> <li>3. <math>q = \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2)</math>.</li> </ol>

### Тестовое задание №3.

1. Выбрать определение лучистого теплообмена:	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Перенос теплоты электромагнитными волнами;</li> <li>b. Излучение в области длин волн видимого света;</li> <li>c. Перенос теплоты электромагнитными волнами с двойным преобразованием энергии – тепловой в лучистую и лучистой в тепловую;</li> <li>d. Перенос теплоты микрочастицами тела.</li> </ol>
2. Что такое коэффициент облучённости $\varphi$ ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Это величина учитывающая долю излучения одного тела на другое.</li> <li>2. Показатель излучательной способности тела.</li> <li>3. Показатель черноты тела.</li> </ol>
3. Влияние экранов на передачу теплоты.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличивают передачу теплоты.</li> <li>2. Уменьшают передачу теплоты.</li> <li>3. Не влияют на передачу теплоты.</li> </ol>
4. Что показывает приведённый коэффициент теплового излучения системы тел ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведённую степень черноты системы двух тел.</li> <li>2. Степень облученности тел при радиации.</li> <li>3. Величину теплового излучения между телами.</li> <li>4. Интенсивность нагрева.</li> </ol>
5. Закон Кирхгофа для теплового излучения устанавливает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. связь между нагреваемыми телами.</li> <li>2. отражение абсолютно черного тела.</li> <li>3. количественную связь между энергиями излучения и поглощения .</li> </ol>
6. Как передаётся теплота в регенеративном теплообменном аппарате?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. через стенку</li> <li>2. через смеситель</li> <li>3. через диэлектрик</li> <li>4. попеременным заполнением рабочей камеры.</li> </ol>

7. Какой степени абсолютной температуры $T$ твердого тела пропорциональна излучаемая энергия?	a. Первой; b. Второй; c. Третьей; d. Четвертой.
8 В каких процессах конвективной теплоотдачи наблюдается наибольший коэффициент теплоотдачи $\alpha$ :	a. Кипение в пузырьковом режиме; b. Теплоотдача при вынужденном движении; c. Пленочный режим кипения; d. Капельная конденсация пара.
9. Какие теплообменные аппараты называют противоточными?	1. в которых теплоносители движутся параллельно. 2. в которых теплоносители движутся навстречу друг другу. 3. в которых перемешиваются под углом .
10. Какм теплообменным аппаратом является градирня?	1. рекуперативным 2. регенеративным 3. смесительным.

#### Тестовое задание №4

1. Какой закон определяет спектральную плотность потока излучения?	1. закон Ома 2. закон Планка 3. закон Ньютона 4. закон Ламберта
2. При какой схеме движения теплоносителей требуется меньшая поверхность теплообмена?	a. Прямоток b. Противоток; c. Перекрестный ток; d. Теплообмен не зависит от схемы движения.
3. В каких случаях коэффициент теплопередачи можно определить по формуле $\alpha_1 \cdot \alpha_2 / \alpha_1 + \alpha_2$	1. при использовании диэлектрика 2. передаче теплоты от газа теплоизолятору 3. передаче теплоты через тонкую металлическую стенку 4. не в каких случаях
4. Зачем применяют ребрение в теплообменных аппаратах ?	1. для увеличения поверхности теплообмена 2. для уменьшения расхода теплоносителя 3. для защиты от перегрева.
5. Сублимация – это:	1. Переход вещества из жидкого состояния в газообразное. 2. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое. 3. Переход вещества из твердого состояния в газообразное.
6. Дать определение кризиса кипения в большом объеме:	a. Образование пузырьков пара на нагреваемой поверхности; b. Интенсивное образование паровой фазы;

	<p>с. Переход от пузырькового кипения к пленочному;  d. Кипение на стенке со слоем накипи</p>
7. Укажите выражение закона Стефана-Больцмана?	<p>1. <math>E = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4</math>;      2. <math>E = \varepsilon C \left( \frac{T}{100} \right)^3</math>;      3. <math>E = \varepsilon \left( \frac{T}{100} \right)^4</math></p>
8. Укажите формулу для определения конвективного теплообмена	<p>1. <math>q = c_v(T_2 - T_1)</math>,  2. <math>q = \lambda(T_{ст} - T_{ж})</math>,  3. <math>q = \alpha \Delta t</math>.</p>
9. Дать определение степени черноты излучающего тела $\varepsilon$ :	<p>a. Отношение мощности излучения серого тела к мощности излучения абсолютно черного тела;  b. Отношение мощности излучения к конвективному теплообмену;  c. Цветовая характеристика излучаемой поверхности;  d. Степень излучательной способности тела.</p>
10. Какую размерность имеет коэффициент теплопередачи?	<p>a. Вт/м·К; b. Дж/кг·К; c. Вт/м<sup>2</sup>·К; d. Дж /м<sup>2</sup>·К.</p>

#### 6.4. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приводятся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### 4. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 7.1. Основная учебная литература

1. Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс]: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков. - М.: Абрис, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/> - Доступ из ЭБС «Консультант студента»

#### 7.2. Дополнительная учебная литература

1. Основы технической термодинамики/Овчинников Ю.В. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 292 с.: Доступ из ЭБС «znanium.com»
2. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «znanium.com» .

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом цилиндрического слоя [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине: «Теплотехника» для студентов направления 190600.62 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра «Энергетика и технология металлов»; [сост.: В.А. Савельев]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 375 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2014. - 10 с.: - Доступ из ЭБС КГУ

2. Экспериментальное изучение конвективного теплообмена и составление критериального уравнения теплоотдачи горизонтальной трубы. [Электронный ресурс]: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу теплотехники/ Министерство образования и науки Российской Федерации [и др.]; [сост.: Боченин В.И., Ивашко А.Г., Попов Г.А.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 202 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2010. - 20 с.– Доступ из ЭБС КГУ.

3. Теплотехника [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Теплотехника» для бакалавров направления 190600.62 (23.03.03) / Министерство образования и науки Российской Федерации [и др.]; [сост.: В. А. Савельев]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf; размер: 819 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2015. - 24, Доступ из ЭБС КГУ.

## **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. [dist.kgsu.ru](http://dist.kgsu.ru) - Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. [www.mylect.ru](http://www.mylect.ru) - Лекции онлайн по дисциплине Техническая термодинамика.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: WindowsXP, FoxitReaderPro версия 1.3.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компьютерный класс Г-204, лаборатории, теплотехники, энергосбережения, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

## Аннотация к рабочей программе дисциплины

**«Тепломассообмен»**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность

**Энергообеспечение предприятий****13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность

**Электроснабжение**

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

4 Семестр (очная форма обучения)

5 Семестр (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: **экзамен.**

**Содержание дисциплины**

Теория тепломассообмена является научной основой методов расчета, проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения, теплообменных аппаратов, трубопроводов, теплоизоляции, парогенераторов, систем теплообменного оборудования тепловых машин, средств измерения и контроля за теплообменными процессами. При подготовке специалистов в области теплоэнергетики теплопередача является одной из основных профессиональных дисциплин. Основные изучаемые разделы дисциплины – теплопроводность; конвективный теплообмен; тепловое излучение; тепловой расчет теплообменных аппаратов.