

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Тепломассообмен**

**Код модуля**  
1156575

**Модуль**  
Профессиональный «Газотурбинные установки  
ГКС»

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Королев Владимир Николаевич	доктор технических наук, профессор	Профессор	теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

**Авторы:**

- **Королев Владимир Николаевич, Профессор, теплоэнергетики и теплотехники**

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Тепломассообмен

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	3
		Коллоквиум	2
		Домашняя работа	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Тепломассообмен

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-6 -Способен решать типовые гидродинамические и теплотехнические задачи применительно к различным элементам энергоустаново	3-3 - Изложить методы теплового расчета и теплового баланса различных энергоустановок 3-4 - Демонстрировать знание основных физических свойств жидкостей и газов 3-5 - Сформулировать законы переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам П-2 - Пользоваться навыками основ расчета процессов тепломассопереноса в	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Коллоквиум № 2 Коллоквиум №1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа №1 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	<p>элементах теплоэнергетического оборудования с применением справочной литературы У-4 - Рассчитывать передаваемые тепловые потоки и температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций энергоустановок</p>	
--	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.3</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум № 1</i>	10	50
<i>коллоквиум № 2</i>	18	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Работа на практических занятиях</i>	18	20
<i>домашняя работа № 1</i>	4	16
<i>домашняя работа № 2</i>	14	16
<i>контрольная работа № 1</i>	10	16
<i>контрольная работа № 2</i>	14	16
<i>контрольная работа № 3</i>	18	16
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3</b>		

<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>отчет по лабораторным работам</i>	18	50
<i>защита лабораторных работ</i>	18	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение

	умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность и теплопередача через плоские и цилиндрические стенки.
  2. Теплопередача через ребристые стенки.
  3. Теплопроводность при нестационарном режиме.
  4. Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской поверхности и при движении жидкости в трубе.
  5. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб.
  6. Теплоотдача при свободном движении жидкости.
  7. Теплоотдача при конденсации и кипении водяного пара.
  8. Теплообмен излучением .
  9. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата.
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Определение теплопроводности твердых тел теплоизоляционных материалов.
  2. Определение коэффициента температуропроводности твердых тел методом регулярного режима.
  3. Исследование процесса сложного теплообмена горизонтальной трубы в условиях свободной конвекции.
  4. Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб.
  5. Определение степени черноты поверхности излучающего тела.
  6. Определение коэффициента теплоотдачи излучением между двумя телам.
- LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа №1

Примерный перечень тем

1. Интенсификация процесса теплопередачи.

Примерные задания

Задача. Вода, температура которой 900С, течет по стальной трубе ( $\lambda = 25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ). Внутренний диаметр трубы 20 мм, наружный 22 мм. Снаружи трубы находится воздух, температура которого 100С. Коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней стенке

трубы  $=1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ , а от наружной поверхности к воздуху  $= 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Рассчитать линейную плотность теплового потока отводимого от воды.

Необходимо интенсифицировать процесс отвода теплоты (увеличить линейную плотность теплового потока). Для этого можно:

- увеличить скорость движения воды по трубе (т.е. увеличить коэффициент теплоотдачи до  $2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ );
  - трубу теплоизолировать (наложить слой шлаковаты ( $\lambda = 0,47 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) толщиной 35 мм);
  - увеличить в два раза коэффициент теплоотдачи ( $\alpha = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ).
- Какое из мероприятий даст наибольший эффект? Показать расчетом.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Теплообмен при фазовых превращениях.

Примерные задания

Задача. По каналу прямоугольного сечения (200x300мм) движется воздух со скоростью 15 м/с. Средняя температура воздуха 400 С, а температура стенок канала 150 С.

Определить плотность теплового потока, передаваемого от воздуха к стенкам канала.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Контрольная работа № 3

Примерный перечень тем

1. Теплообмен излучением

Примерные задания

Задача. Чугунная печь-камин установлена в помещении, стены которого деревянные. Мощность печи 500 Вт/м<sup>2</sup>. Во время топки стенки печи нагреваются до 1570С.

Определить температуру деревянной стены, расположенной параллельно стенке печи.

В связи с опасностью самовозгорания дерева между топкой и стеной поставили экран из окисленного гладкого железа. Определить температуру деревянной стены при наличии экрана.

Принять: степень черноты чугуна, дерева и гладкого окисленного железа соответственно 0,70; 0,88; 0,82.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.4. Коллоквиум №1

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при нестационарном режиме.

Примерные задания

- Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины;
- Частные случаи нагревания (охлаждения) бесконечной пластины;
- Физический смысл безразмерных чисел Био и Фурье;
- Определение теплоты, отданной (полученной) пластиной в процессе охлаждения (нагревания);



- Характерный размер, входящий в безразмерные числа Био и Фурье;
- Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров правильной геометрической формы;
- Охлаждение (нагревание) тел любой формы при  $Bi \rightarrow 0$  ( $Bi \leq 0,1$ );
- Регулярный тепловой режим;
- Первая теорема Кондратьева;
- Вторая теорема Кондратьева.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.5. Коллоквиум № 2

Примерный перечень тем

1. Сложный теплообмен.

Примерные задания

Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия. Схемы движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата: виды тепловых расчетов; основные положения теплового расчета (уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, среднеинтегральный температурный напор). Сравнение прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей.

.Молекулярный массообмен: массовая и мольная концентрация; градиент концентрации; закон Фика; физический смысл коэффициента диффузии; запись закона Фика через парциальное давление; вычисление плотности потока массы. Конвективный массообмен в инертной двухкомпонентной среде. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение массообмена. Аналогия между процессами тепло-и массообмена. Безразмерные числа Шервуда и Шмидта.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.6. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при стационарном режиме.

Примерные задания

- Какой режим называют стационарным?
- Какой процесс называется процессом теплопроводности?
- Каков физический смысл коэффициента теплопроводности, от чего зависит коэффициент теплопроводности?
- Какие материалы относятся к классу теплоизоляционных?
- Какой процесс называют нестационарным?
- Какие режимы могут иметь место при охлаждении (нагревании) тел? Какой режим называют регулярным тепловым режимом?
- Каков физический смысл коэффициента температуропроводности?
- Что понимают под свободным движением жидкости?
- От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи при свободном движении жидкости?
- Какие безразмерные величины характеризуют процесс теплоотдачи при свободном

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.7. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Конвективный теплообмен.

Примерные задания

1. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи при свободном движении жидкости?

2. Какие безразмерные величины характеризуют процесс теплоотдачи при свободном движении жидкости?

3. Что называется процессом теплоотдачи?

4. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?

5. Какой процесс теплообмена называется сложным?

6. Какой процесс называют процессом теплоотдачи?

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Способы переноса теплоты в пространстве.

2. Процессы теплоотдачи и теплопередачи. Физический смысл коэффициента теплоотдачи.

3. Молекулярный и конвективный массообмен.

4. Изотропная и анизотропная среда.

5. Температурное поле.

6. Температурный градиент.

7. Основной закон теплопроводности.

8. Физический смысл коэффициента теплопроводности.

9. Дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела. Физический смысл коэффициента температуропроводности.

10. Условия однозначности для процесса теплопроводности.

11. Теплопроводность при стационарном режиме в отсутствие внутренних источников теплоты: • Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях первого рода; • Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях третьего рода; • Коэффициент теплопередачи; • Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях первого рода; • Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях третьего рода; • Линейный коэффициент теплопередачи; • Теплопроводность тел неправильной формы; • Критический диаметр тепловой изоляции.

12. Способы интенсификации теплопередачи.

13. Теплопередача через ребристую стенку (приближенный расчет).

14. Теплопроводность в ребре постоянного поперечного сечения.

15. Теплопередача через ребристую стенку (уточненный расчет).

16. Коэффициент эффективности работы ребра.

17. Теплопроводность при нестационарном режиме: • Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины; • Частные случаи нагревания (охлаждения) бесконечной пластины; • Физический смысл безразмерных чисел Био и Фурье; • Определение теплоты, отданной (полученной) пластиной в процессе охлаждения (нагревания); • Характерный размер, входящий в безразмерные числа Био и Фурье; • Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров правильной геометрической формы; • Охлаждение (нагревание) тел любой формы при  $Bi \rightarrow 0$  ( $Bi \leq 0,1$ ); • Регулярный тепловой режим; • Первая теорема Кондратьева; • Вторая теорема Кондратьева.

18. Основные положения конвективного теплообмена: уравнение теплоотдачи; виды движения жидкости; режимы движения жидкости; понятие пограничного слоя; физические свойства жидкости существенные для процесса теплоотдачи (динамическая и кинематическая вязкость, коэффициент сжатия, коэффициент объемного расширения).

19. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена (уравнение теплоотдачи, уравнение энергии, уравнение движения, уравнение неразрывности потока).

20. Элементы теории подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Безразмерные числа Нуссельта, Рейнольдса, Пекле, Прандтля, Грасгофа, Эйлера их физический смысл. Определяющий геометрический размер и определяющая температура Теоремы подобия. Моделирование процессов конвективного теплообмена. Проведение эксперимента, обработка и обобщение опытных данных.

21. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости: • Интегральное уравнение теплового потока через пограничный слой; • Связь теплоотдачи с касательными напряжениями (аналогия Рейнольдса); • Влияние направления теплового потока на величину коэффициента теплоотдачи.

22. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости вдоль плоской поверхности. Анализ формул.

23. Теплоотдача при движении жидкости внутри труб и каналов: определяющий геометрический размер; понятие участка гидродинамической и тепловой стабилизации; аналитический метод расчета теплоотдачи при стабилизированном течении жидкости в трубе.

24. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб.

25. Свободная конвекция в неограниченном пространстве: • Теплоотдача при свободном ламинарном движении жидкости вдоль вертикальной стенки; • Теплоотдача при свободном турбулентном режиме движения жидкости вдоль вертикальной стенки. Анализ формулы; • Теплоотдача при свободном движении жидкости около горизонтальной трубы.

26. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.

27. Теплообмен при фазовых превращениях: • Теплоотдача при конденсации водяного пара на вертикальной поверхности; • Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации.

28. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме; условия, необходимые для возникновения процесса кипения; влияние перегрева жидкости на величину коэффициента теплоотдачи; кризисы кипения.

29. Теплообмен излучением. Основные положения лучистого теплообмена: виды тепловых потоков (интегральный поток, излучательная способность, спектральная плотность излучения, угловая плотность потока излучения, яркость излучения); разновидности полусферического излучения; связь эффективного и результирующего излучения; законы теплового излучения (закон Планка, закон смещения Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа, закон косинусов Ламберта).

30. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой.

31. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия. Схемы движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата: виды тепловых расчетов; основные положения теплового расчета (уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, среднеинтегральный температурный напор). Сравнение прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей.

32. Молекулярный массообмен: массовая и мольная концентрация; градиент концентрации; закон Фика; физический смысл коэффициента диффузии; запись закона Фика через парциальное давление; вычисление плотности потока массы. Конвективный массообмен в инертной двухкомпонентной среде. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение массообмена. Аналогия между процессами тепло-и массообмена. Безразмерные числа Шервуда и Шмидта.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Формирование социально-значимых ценностей	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-6	3-4	Коллоквиум № 2 Коллоквиум №1 Лабораторные занятия Экзамен