

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Тепло- и массообмен

**Код модуля**  
1149986

**Модуль**  
Теория теплотехнических процессов

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Юрьев Борис Петрович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплофизики и информатики в металлургии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.В. Коновалова

**Авторы:**

- Юрьев Борис Петрович, Доцент, теплофизики и информатики в металлургии

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Тепло- и массообмен

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	8	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Тепло- и массообмен

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-16 -Способен на основе анализа теплотехнических процессов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию.	З-2 - Описывать статистические методики при проведении инженерного эксперимента по газодинамике печных агрегатов, математические и численные модели для анализа теплотехнических процессов и обработки полученных данных. З-3 - Объяснять основные понятия, связанные с тепло – и массообменными процессами в металлургических агрегатах. П-2 - Разрабатывать рекомендации по оптимизации времени проведения теплотехнических операций и снижению расходов топлива и электроэнергии в промышленных печах на основе	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	<p>анализа и обработки данных инженерного эксперимента с применением статистических методов и математического моделирования процессов тепломассопереноса – расчета температурных полей. У-2 - Определять алгоритм применения математического моделирования процессов газодинамики для анализа, обработки и обобщения данных инженерного эксперимента.</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 – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	6,6	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>экзамен</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	6,12	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</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 – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

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

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<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>		

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

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	<i>7,8</i>	<i>100</i>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</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 –0.5</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	7,16	100
<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 –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

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

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<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. Основные понятия и характеристики теории теплообмена
  2. Теплообмен излучением в металлургических агрегатах (инженерный подход)
  3. Теплообмен излучением в металлургических агрегатах (методы расчёта)
  4. Теплопроводность: общие закономерности. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.
  5. Нестационарная теплопроводность
  6. Конвективный теплообмен в металлургических агрегатах
  7. Теплообмен в слое кусковых материалов. Теплообменные аппараты.
  8. Основные положения и законы массопереноса.
  9. Методы численного анализа процессов теплообмена.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Исследование теплообмена излучением
  2. Исследование естественной конвекции в условиях комбинированного теплообмена труб с окружающим воздухом
  3. Изучение процесса теплопроводности при нестационарном режиме
  4. Определение коэффициента теплопроводности твёрдых материалов
- 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. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его физический смысл
3. Передача теплоты теплопроводностью через плоские стенки
4. Передача теплоты теплопроводностью через цилиндрические стенки



5. Передача теплоты теплопроводностью через сферические стенки
6. Понятие критического диаметра изоляции и способ его определения
7. Нестационарные процессы теплопроводности

Примерные задания

Плоская печная стенка состоит из слоя шамота толщиной  $a_1$ , м и теплоизоляционного слоя толщиной  $a_2$ , м. Коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны  $c_1$ , Вт/(мК) и  $c_2$ , Вт/(мК). Температура печных газов (продуктов горения), омывающих внутреннюю поверхность стенки,  $t_1$ , 0С. Температура воздуха в цехе, омывающая наружную поверхность стенки,  $t_1$ , 0С. Коэффициенты теплоотдачи: от печных газов к внутренней поверхности стенки  $\alpha_1$ , Вт/(м<sup>2</sup>К), от наружной стенки к воздуху  $\alpha_2$ , Вт/(м<sup>2</sup>К). Площадь стенки  $F$ , м<sup>2</sup>.

Необходимо определить:

1. Общее тепловое сопротивление от печных газов к воздуху  $R_1$ ; коэффициент теплопередачи  $K_1$ ; плотность теплового потока  $q$  и количество тепла  $Q$ , теряемое через стенку за час, в трех вариантах, указанных в таблице.
2. Найти значение температуры  $t_{1-2}$  в плоскости контакта слоев 1 – 2 в вариантах II и III.
3. Построить для второго варианта график распределения температуры в координатах и  $t-R$  (температура – тепловое сопротивление); сравнить температуры, полученные по графику  $t-R$ , с температурами, полученными расчетным путем.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Понятие серого тела
2. Приведенная степень черноты системы тел
3. Виды лучистых потоков
4. Понятие эффективного и результирующего излучения тела
5. Понятие углового коэффициента
6. Лучистый теплообмен между телами
7. Потери теплоты излучением через печные проемы

Примерные задания

Определить потери теплоты излучением через открытое окно, расположенное в стене печи, температура которой равна  $t_{печ}$ , 0С. Окно имеет размеры: ширина  $B$ , м; высота  $H$ , м. Толщина стенки  $s$ , м. Окно открывается на время  $\tau$ , с.

1. Какие факторы в общем случае влияют на потери теплоты излучением?
2. Каким образом влияет температура в печи и продолжительность открытия отверстия в стенке печи на лучистые потери теплоты?
3. Сравнить потери теплоты излучением через окна различной формы: круг, квадрат, прямоугольник, длинная полоса. Площадь окна принять равной 1 квадратному метру. Толщину печной стенки принять по варианту.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Решение задачи на стационарную теплопроводность
2. Решение задачи на нестационарную теплопроводность
3. Решение задачи на свободную конвекцию
4. Решение задачи на вынужденную конвекцию

Примерные задания

Плоская поверхность отопительной батареи высотой  $h = 1$  м, и шириной  $b = 0.8$  м, имеющая температуру  $60$  °С, расположена в помещении, температура воздуха в котором  $20$  °С. Определить тепловой поток, передаваемый от поверхности батареи свободной конвекцией для вертикального и горизонтального расположения. Рассчитать количество тепловой энергии, передаваемое от батареи к воздуху за один час.

LMS-платформа – не предусмотрена

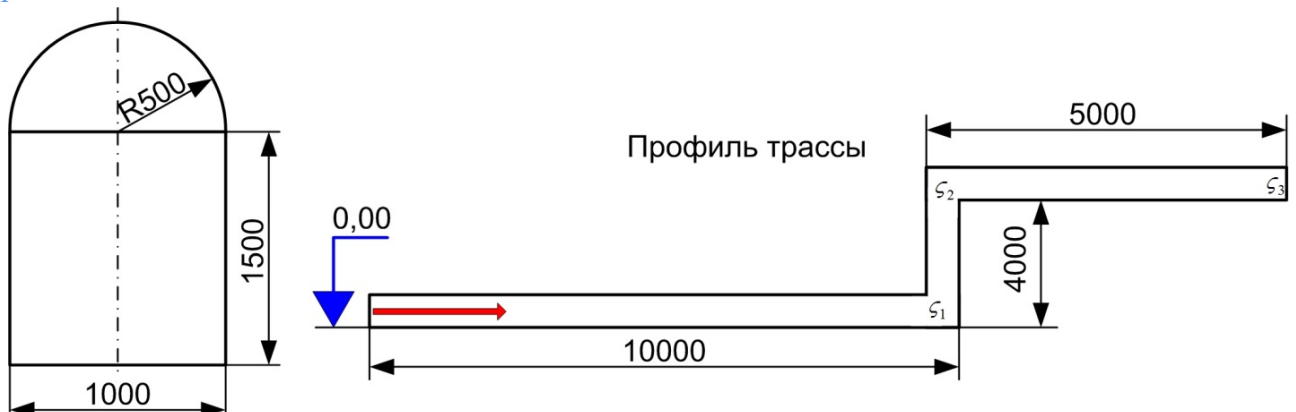
#### 5.2.4. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Решение задачи на тепловое излучение твердых тел.
2. Решение задачи на тепловое излучение газов.
3. Решение задачи на сложный теплообмен.
4. Решение задачи на массообмен.

Примерные задания

Необходимо рассчитать коэффициент конвективной и лучистой теплоотдачи, удельный и общий тепловой поток за счет конвекции и излучения от продуктов сгорания к стенке газохода на двух горизонтальных и одном вертикальном участке. По трассе движутся продукты сгорания следующего состава:  $a\%$   $\text{CO}_2$ ,  $b\%$   $\text{H}_2\text{O}$  и  $c\%$   $\text{N}_2$ . Начальная температура газов равна  $t_{d1}$  °С. Среднее падение температуры газов составляет  $x$  °С на метр пути. Расход продуктов сгорания  $V_0$  м<sup>3</sup>/час (при нормальных условиях). Температура стенки на любом участке меньше температуры газов на  $200$  °С. Степень черноты стенки составляет  $0,85$ .



LMS-платформа – не предусмотрена

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

#### 5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Общие сведения о массопереносе. Массоотдача и массопередача

2. Коэффициент диффузии. Закон Фика
  3. Коэффициент массоотдачи
  4. Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса
  5. Числа подобия конвективного массопереноса
  6. Аналогия между переносом массы, теплоты и количеством движения
  7. Основные соотношения и модели массопереноса
  8. Основы расчета процессов массопереноса
  9. Общие сведения о массопереносе при сушке материалов
  10. Основные характеристики процесса сушки
  11. Перенос влаги во влажных телах
  12. Кинетика процесса сушки
  13. Динамика процесса сушки
  14. Тепло- и массообмен при сушке
  15. Исследование массообмена при окислительном обжиге офлюсованных окатышей
  16. Массообмен при разложении известняка
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.2. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Основные способы передачи теплоты. Сложный теплообмен
2. Понятия температурного поля и температурного градиента
3. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его физический смысл
5. Условия однозначности для процессов теплопроводности
6. Передача теплоты теплопроводностью через печные стенки
7. Понятие тепловой проводимости и теплового сопротивления
8. Расчетные формулы для передачи теплоты теплопроводностью через стенки разной формы при стационарном режиме и граничных условиях первого рода
9. Теплопередача через стенки при граничных условиях третьего рода при стационарном режиме
10. Понятия теплового сопротивления теплоотдачи и теплопередачи. Коэффициент теплопередачи
11. Понятие критического диаметра изоляции и способ его определения
12. Способы интенсификации теплопередачи
13. Нестационарные процессы теплопроводности
14. Понятие регулярного режима
15. Решение дифференциального уравнения теплопроводности в критериальном виде
16. Понятие термически тонкого и массивного тела
17. Коэффициент несимметричности нагрева. Одно-, двух- и трехступенчатые режимы нагрева тел
18. Нагрев тел при граничных условиях первого, второго и третьего рода
19. Критериальное уравнение конвективного теплообмена
20. Физический смысл критериев конвективного теплообмена
21. Расчетные зависимости конвективного теплообмена в большом объеме
22. Теплообмен свободной конвекцией в ограниченном объеме

23. Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя
  24. Расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя в каналах круглого сечения
  25. Конвективный теплообмен при внешнем обтекании тел при вынужденном движении теплоносителя
  26. Природа теплового излучения
  27. Виды лучистых потоков
  28. Понятия абсолютно черного, белого, прозрачного тел
  29. Понятие эффективного и результирующего излучения тела
  30. Закон Стефана-Больцмана. Закон Планка. Закон смещения Вина
  31. Понятие углового коэффициента
  32. Лучистый теплообмен между телами
  33. Лучеиспускание газов
- 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
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология образования в сотрудничестве Технология самостоятельной работы	ПК-16	З-3 П-2	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен