

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Тепломассообмен**

**Код модуля**  
1159074

**Модуль**  
Теоретические основы теплоэнергетики

**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	д.т.н., профессор	профессор	Теплоэнергетики и теплотехники
2	Нейская Светлана Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	доцент	Теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

**Авторы:**

- **Королев Владимир Николаевич, профессор, Теплоэнергетики и теплотехники**
- **Нейская Светлана Анатольевна, доцент, Теплоэнергетики и теплотехники**

## **1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Тепломассообмен**

<b>1.</b>	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	<b>6</b>	
<b>2.</b>	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	
<b>4.</b>	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	1
		Коллоквиум	2
		Домашняя работа	4

## **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

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ОПК-3 -Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию	Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности П-2 - Представить интерпретацию полученных	Коллоквиум № 2 Коллоквиум №1 Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Экзамен

<p>полученных результатов</p>	<p>результатов в форме научного доклада (сообщения) У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p>	
<p>ПК-5 -Способен применять фундаментальные знания в области гидрогазодинамики, технической термодинамики и тепломассообмена в процессе проектирования и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем промышленных предприятий и тепловых электрических станций</p>	<p>Д-1 - Правильно оценивать результаты расчетов З-1 - Перечислить основные физические свойства жидкостей и газов З-3 - Изложить методы теплового расчета и теплового баланса различных энергоустановок З-4 - Сформулировать законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам З-5 - Различать физические основы эксперимента и способы их реализации П-2 - Иметь практический опыт расчета передаваемых тепловых потоков П-3 - Иметь практический опыт расчета температурных полей (полей концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p>	<p>Коллоквиум № 2 Коллоквиум №1 Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>

	У-2 - Анализировать и рассчитывать процессы теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования	
--	--	--

### 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 – 0.25</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум № 1</i>	4,10	30
<i>контрольная работа</i>	4,6	40
<i>коллоквиум № 2</i>	4,12	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</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 – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа № 1</i>	4,13	25
<i>домашняя работа № 2</i>	4,14	25
<i>домашняя работа № 3</i>	4,15	25
<i>домашняя работа № 4</i>	4,16	25
<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 – 0.25</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>выполнение лабораторных работ</i>	4,15	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 –</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	<p>Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов.</p> <p>Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения.</p> <p>Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.</p>
-------------------	---

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 стенки
2. Теплопроводность и теплопередача через цилиндрические стенки
3. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты
4. Теплопередача через ребристые стенки
5. Теплопроводность при нестационарном режиме
6. Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской поверхности
7. Теплоотдача при движении жидкости в трубах и каналах
8. Теплоотдача при поперечном обтекании оди-ночной трубы и пучка труб
9. Теплоотдача при свободном движении жидкости
10. Теплоотдача при конденсации водяного пара
11. Теплоотдача при кипении жидкости
12. Теплообмен излучением
13. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата
14. Молекулярный и конвективный массообмен

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 – плохих проводников теплоты – методом регулярного теплового режима
3. Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб
4. Исследование сложного теплообмена горизонтальной трубы с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции
5. Изучение процессов поверхностного и объемного кипения жидкости
6. Определение степени черноты поверхности излучающего тела
7. Определение коэффициента теплоотдачи излучением между двумя телами

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**

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при стационарном режиме

Примерные задания

Сколько экранных алюминиевых полированных пластин следует поставить в системе вакуумно-многослойной изоляции сушильного шкафа для уменьшения теплового потока излучением не менее чем на 99,4 %? Сушильный шкаф работает при температуре, не превышающей 200 °С.

Рассчитать теплопотери через глухую стену здания размером  $2,5 \times 4$  м зимой ( $t_1 = 20$  °С;  $t_2 = -20$  °С). Стена сделана из кирпича с коэффициентом теплопроводности  $0,5$  Вт/(м·К); толщина стены  $0,5$  м;  $a_1 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $a_2 = 30$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Коллоквиум №1

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при нестационарном режиме

Примерные задания

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.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Коллоквиум № 2

Примерный перечень тем

1. Теплообмен при фазовых превращениях

Примерные задания

Теплообмен при фазовых превращениях:

- Теплоотдача при конденсации водяного пара на вертикальной поверхности;
- Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации;

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.4. Домашняя работа №1

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при стационарном режиме

Примерные задания

Стальной трубопровод (коэффициент теплопроводности  $45$  Вт/(м·К)) наружным диаметром  $216$  мм (с толщиной стенки  $8$  мм), проложен на открытом воздухе, температура которого  $t_{ж1}$ , а коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы к воздуху  $a_1$ . Внутри трубопровода движется вода, ее средняя температура  $t_{ж2}$ , а коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней поверхности трубы  $a_2$ . Длина трубы  $L = 20$  м. Определить потерю теплоты с поверхности трубопровода в единицу времени и температуру стенок внутренней и наружной поверхности трубопровода.

Как изменятся эти величины, если на поверхность трубопровода нанести слой тепловой изоляции (коэффициент теплопроводности  $0,47 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ), толщиной 50 мм. Изобразить графически изменение температуры по толщине стенки трубы и слоя изоляции.

Во сколько раз увеличится (при отсутствии изоляции) тепловой поток через стенку трубы, если ее наружную поверхность снабдить стальными продольными ребрами прямоугольного сечения. Геометрические размеры ребра: высота  $h$ , толщина  $b$ . Количество ребер 20. Определить также температуру на конце ребра.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.5. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Конвективный теплообмен

Примерные задания

По трубе внутренним диаметром  $d$  и длиной  $l$  течет трансформаторное масло. Средняя температура масла  $t_{ж}$ , средняя температура стенки  $t_c$ , скорость масла  $w$ . Определить:

- средний коэффициент теплоотдачи;
- тепловой поток, передаваемый от масла к поверхности трубы;
- разность температур на входе масла в трубу и на выходе из нее.

Как изменится средний коэффициент теплоотдачи, если:

- длину трубы увеличить в два раза;
- диаметр трубы увеличить в два раза.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.6. Домашняя работа № 3

Примерный перечень тем

1. Теплообмен излучением

Примерные задания

Определить тепловой поток, передаваемый от поверхности отопительной батареи, представляющей собой плоскую стенку, за счет свободной конвекции и излучения. Батарея выполнена из окисленного чугуна. Коэффициент теплопроводности чугуна  $\lambda = 63 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Высота батареи 800 мм, толщина стенки 4 мм. Площадь поверхности батареи  $2,1 \text{ м}^2$ . Внутри движется вода, средняя температура которой  $t_{ж1}$ . Температура внутренней стенки отличается от температуры воды на 5 градусов. Коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней стенке батареи  $\alpha$ . Снаружи воздух, его температура  $t_{ж2}$ . Как изменится тепловой поток, если поверхность батареи со стороны воздуха покрасить алюминиевой краской?

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.7. Домашняя работа № 4

Примерный перечень тем

1. Расчет теплообменных аппаратов

Примерные задания

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. Процессы теплоотдачи и теплопередачи. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. Молекулярный и конвективный массообмен. Изотропная и анизотропная среда. Температурное поле. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности. Физический смысл коэффициента теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела. Физический смысл коэффициента температуропроводности. Условия однозначности для процесса теплопроводности.

2. 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.

3. Способы интенсификации теплопередачи. Теплопередача через ребристую стенку (приближенный расчет). Теплопроводность в ребре постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребристую стенку (уточненный расчет). Коэффициент эффективности работы ребра.

4. 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)

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

6. 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.

7. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости

8. 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.

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

10. Свободная конвекция в неограниченном пространстве.

11. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.

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

13. 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). Теплообмен излучением между телом и его оболочкой.

14. Сложный теплообмен

15. 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.

16. 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 двух-компонентной 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
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-5	Д-1	Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Экзамен