

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

**Код модуля**  
1156179

**Модуль**  
Основы термодинамики, гидравлики и  
теплотехники

**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	Нейская Светлана Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

Авторы:

- Нейская Светлана Анатольевна, Доцент, теплоэнергетики и теплотехники

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Тепломассообмен в энергетическом оборудовании**

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

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Тепломассообмен в энергетическом оборудовании**

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
ОПК-3 -Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку	З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Контрольная работа Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Расчетная работа Экзамен

<p>экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>планирования исследования и изыскания У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p>	
<p>ПК-2 -Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-7 - Сформулировать законы переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам З-8 - Сформулировать законы сохранения энергии и массы в дифференциальной и интегральной формах для различных моделей жидкости, основные закономерности движения вязких несжимаемых жидкостей, сжимаемых жидкостей, развития изотермических и неизотермических турбулентных струй П-4 - Выполнять теплогидравлические расчеты процессов, происходящих в оборудовании атомных станций и установок П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии П-8 - Иметь практический опыт постановки и решения задач тепломассообмена У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи</p>	<p>Домашняя работа № 3 Домашняя работа № 4 Коллоквиум Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Расчетная работа Экзамен</p>

	<p>У-5 - Выбирать адекватные методы решения задач теплообмена применительно к процессам, происходящим в тепломеханическом оборудовании атомных станций и установок</p> <p>У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неизотермических ламинарных и турбулентных потоков</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</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 – 0.2</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум</i>	5,10	50
<i>работа на занятиях</i>	5,17	10
<i>контрольная работа</i>	5,6	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – не предусмотрено</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.7</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>	5,5	40
<i>домашняя работа № 2</i>	5,12	30
<i>активная работа на занятиях</i>	5,17	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.6</b>		

<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.1</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	5,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>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>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – <b>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 – 0.4</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>работа на занятиях</i>	6,17	10
<i>домашняя работа № 3</i>	6,8	45
<i>домашняя работа № 4</i>	6,14	45
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 1</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.6</b>		

Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>расчетная работа</i>	6,16	90
<i>работа на занятиях</i>	6,17	10
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.5</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>		

## 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).

**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).

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

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
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 но (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 одиночной трубы и пучка труб
  9. Теплоотдача при свободном движении жидкости
  10. Теплоотдача при конденсации водяного пара
  11. Теплоотдача при кипении жидкости
  12. Особенности теплоотдачи жидкометаллических теплоносителей
  13. Теплообмен излучением
  14. 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 – 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

1. По трубе диаметром  $d$  мм движется сухой насыщенный водяной пар. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду ее необходимо изолировать. Целесообразно ли для этого использовать совелит с коэффициентом теплопроводности  $0,08 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , если коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляции к окружающей среде  $12 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ .

2. Стенка топочной камеры из корборундового кирпича толщиной  $125 \text{ мм}$  (коэффициент теплопроводности корборунда  $\lambda_k = 11,2 \text{ Вт/м К}$ ), шамотного кирпича толщиной  $250 \text{ мм}$  ( $\lambda_{ш} = 1,16 \text{ Вт/м К}$ ), а снаружи покрыта асбестовым листом толщиной  $30 \text{ мм}$  ( $\lambda_a = 0,116 \text{ Вт/м К}$ ). Определить плотность теплового потока, проходящего через стенку, и температуру на границе слоев, если температура стенок камеры со стороны топки  $1300 \text{ }^\circ\text{С}$ , а с внешней стороны  $30 \text{ }^\circ\text{С}$ .

1. Определить толщину изоляции из асбеста, которую надо наложить на плоскую стальную стенку ( $\lambda = 35 \text{ Вт/(мК)}$ ) толщиной  $20 \text{ мм}$ , чтобы при прочих равных условиях тепловые потери через нее уменьшились в  $25$  раз. Коэффициент теплопроводности асбеста  $\lambda_2 = 0,1 \text{ Вт/(мК)}$ , коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки  $600 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ , с другой –  $40 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$

2. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми расположен засыпка из диатомита. Толщина засыпки  $60 \text{ мм}$ , а слоя из красного кирпича  $250 \text{ мм}$ , их коэффициенты теплопроводности соответственно равны  $0,07 \text{ Вт/(мК)}$  и  $0,7 \text{ Вт/(мК)}$ . Какой толщины следует сделать слой из красного кирпича, если отказавшись от диатомитовой засыпки, тепловой поток сохранить неизменным

1. Паропровод диаметром  $230/240 \text{ мм}$  покрыт двумя слоями изоляции толщиной  $60 \text{ мм}$  и  $80 \text{ мм}$  с коэффициентами теплопроводности, равными соответственно  $0,1$  и  $0,25 \text{ Вт/(мК)}$ . Коэффициент теплоотдачи от пара к поверхности трубы  $300 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ , а от наружной поверхности изоляции к воздуху  $10 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ . Определить тепловые потери с одного метра паропровода, а также температуру на наружной поверхности изоляции, если температура пара  $t_{ж1} = 15 \text{ }^\circ\text{С}$ , а температура воздуха  $t_{ж2} = 20 \text{ }^\circ\text{С}$ .

2. Медный провод диаметром 4 мм покрыт изоляционным слоем толщиной 1 мм (коэффициент теплопроводности материала изоляции  $0,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ). При прохождении электрического тока провод греется. Коэффициент теплоотдачи от изоляции к воздуху  $\alpha = 34 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ . Найти критическую толщину изоляции, при которой достигается максимальный теплоотвод от провода

1. Чистая поверхность нагрева толщиной 10 мм с коэффициентом теплопроводности  $50 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , которую можно считать тонкой, омывается с одной стороны газами с температурой  $t_{ж1} = 900 \text{ }^\circ\text{C}$  (коэффициент теплоотдачи 110), с другой – кипящей водой с температурой  $t_{ж2} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  (коэффициент теплоотдачи  $4500 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ). Как изменится плотность теплового потока через такую стенку, если в процессе эксплуатации она со стороны газов покроется слоем сажи толщиной 1 мм с коэффициентом теплопроводности  $0,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , а со стороны воды – слоем накипи толщиной 2,5 мм с коэффициентом  $1,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ .

2. Паропровод среднего давления диаметром 140/150 мм с коэффициентом теплопроводности  $40 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  покрыт двумя слоями изоляции толщиной 50 мм и 70 мм с коэффициентами теплопроводности  $0,07 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  и  $0,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  соответственно. Коэффициент теплоотдачи от пара к внутренней поверхности паропровода  $250 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , а от наружной поверхности изоляции  $8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Определить тепловые потери с одного метра паропровода, а также температуру на наружной поверхности изоляции, если температура пара  $t_{ж1} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ , воздуха  $t_{ж2} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность при нестационарном режиме

Примерные задания

1. Охлаждение (нагревание) тел любой формы при малых Био ( $Bi \leq 0.1$ )

2. Какой размер берется при расчете чисел Био и Фурье?

3. Физический смысл коэффициента теплопроводности

Задача. Пластина толщиной 20 мм, нагретая до температуры  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ , помещена в воздушную среду с температурой  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить температуру на поверхности пластины через 20 минут после начала охлаждения, если коэффициент температуропроводности  $0,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ , коэффициент теплопроводности  $0,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , а коэффициент теплоотдачи  $50 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Определить также количество теплоты, которое будет отдано пластиной за это время. Расчет произвести для  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности. Плотность материала  $1200 \text{ кг/м}^3$ , теплоемкость  $1300 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ .

1. Регулярный тепловой режим. Вторая теорема Кондратьева.

2. Физический смысл коэффициента температуропроводности

3. Уравнение теплоотдачи

Задача. Пластина толщиной 24 мм, нагретая до 120 0С, помещена в воздушную среду с температурой 10 0С. Определить температуру в середине и на поверхности пластины через 5 минут после начала охлаждения, если коэффициент температуропроводности  $0,9 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициент теплопроводности 0,2 Вт/м К, а коэффициент теплоотдачи 80 Вт/м<sup>2</sup>К.

1. Регулярный тепловой режим. Первая теорема Кондратьева.
2. Способы переноса теплоты в пространстве
3. Физический смысл коэффициента теплопроводности

Задача. Пластину толщиной 20 мм, нагретую до температуры 100 0С, положили на пол цеха для охлаждения в воздухе с температурой 10 0С. Определить температуру в середине пластины через 25 минут после начала охлаждения, если коэффициент температуропроводности  $1,2 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициент теплопроводности 2 Вт/м К, а коэффициент теплоотдачи 50 Вт/м<sup>2</sup>К. Определить также количество теплоты, которое будет отдано пластиной за это время. Расчет произвести для 1 м<sup>2</sup> площади поверхности, плотность материала 7200 кг/м<sup>3</sup>, теплоемкость 380 Дж/кг К.

1. Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины: постановка задачи, метод решения, анализ полученного решения.
2. Физический смысл коэффициента температуропроводности
3. Уравнение теплоотдачи

Задача. Пластина толщиной 24 мм, нагретая до 120 0С, помещена в воздушную среду с температурой 10 0С. Определить температуру в середине и на поверхности пластины через 15 минут после начала охлаждения, если коэффициент температуропроводности  $0,7 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициент теплопроводности 0,2 Вт/м К, а коэффициент теплоотдачи 20 Вт/м<sup>2</sup>К.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Теплопроводность и теплопередача через одно-и многослойную цилиндрическую стенку. Расчет теплопередачи через ребристую стенку

Примерные задания

Во сколько раз уменьшаются теплотери через стенку здания, если между двумя слоям кирпичей толщиной по 250 мм установить прокладку пенопласта толщиной 50 мм; теплопроводность кирпича 0,5Вт/(м·К); теплопроводность пенопласта 0,05 Вт/(м·К)

В приборе для определения коэффициента теплопроводности материалов между горячей и холодной поверхностями расположен образец из испытуемого материала. Образец представляет собой диск диаметром  $d$  и толщиной  $\delta$ . Температура горячей поверхности  $t_{c1}$ , холодной  $t_{c2}$ . Тепловой поток через образец после установления стационарного режима  $Q$ . Благодаря защитным нагревателям радиальные потоки теплоты отсутствуют. Вследствие плохой пригонки между холодной и горячей поверхностями и образцом образовались воздушные зазоры толщиной  $\delta_v$ . Вычислить относительную

ошибку в определении коэффициента теплопроводности, если при обработке результатов измерений не учитывать образовавшихся зазоров.

Стальной трубопровод (коэффициент теплопроводности 45Вт/мК) диаметром  $d_1 / d_2 = 200/216$  мм, проложен на открытом воздухе, температура которого  $t_1$ , а коэффициент теплоотдачи от поверхности трубы к воздуху  $\alpha_1$ . Внутри трубопровода движется вода, ее средняя температура  $t_2$ , а коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней поверхности трубы  $\alpha_2$ . 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 0,47Вт/мК), толщиной 50мм. 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  $\delta$ . Количество ребер 20. Определить также температуру на конце ребра.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Теплоотдача при турбулентном движении жидкости в трубе

Примерные задания

Определить внутренний диаметр  $d$  и длину  $l$  трубы подогревателя, если заданы: средняя температуры стенки  $t_c$ , температура воды до и после подогревателя  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$ , средняя скорость воды  $w$  и тепловая нагрузка на поверхности нагрева  $q$ .

Вода со скоростью 0,7 м/с движется по кольцевому каналу, наружный и внутренний диаметры которого соответственно равны 38 мм и 20 мм. Температура внешней поверхности внутренней трубы 600С. Определить температуру воды на выходе из канала, если на входе в него температура воды 10 оС. Длина канала 1,4 м

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.5. Домашняя работа № 3

Примерный перечень тем

1. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Сложный теплообмен

Примерные задания

Определить тепловой поток, передаваемый от поверхности отопительной батареи за счет свободной конвекции и излучения. Батарея выполнена из окисленного чугуна. Коэффициент теплопроводности чугуна  $\lambda= 63$  Вт/мК. Высота батареи 800 мм, толщина стенки 4 мм. Батарея состоит из 7 секций, площадь поверхности одной секции 0,3 м<sup>2</sup>. Внутри батареи движется вода, средняя температура которой  $t_{ж1}$ . 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 масляной краской толщиной 0,1 мм (коэффициент теплопроводности краски 0,93 Вт/(м К))? При расчете считать батарею как плоскую стенку.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.6. Домашняя работа № 4

Примерный перечень тем

1. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата.

Примерные задания

На трубах теплообменного аппарата конденсируется водяной пар с давлением  $P$ . Диаметр труб  $d_1/d_2$ . Внутри труб протекает жидкость со средней скоростью  $w_2$ . Температура жидкости на входе  $t_1$ , на выходе  $t_2$ . Расположение труб – шахматное. Число рядов  $n_1=80$ , число труб в каждом ряду  $n_2=100$ . Трубы латунные. Определить поверхность нагрева и габаритные размеры теплообменника. Переохлаждением конденсата пренебречь.

Определить поверхность нагрева и длину отдельных секций змеевикowego экономайзера парового котла, предназначенного для подогрева питательной воды в количестве  $G$  от температуры  $t_1$  до  $t_2$ . Вода движется снизу вверх по стальным трубам диаметром  $d$  со средней скоростью  $w$ . Дымовые газы (13%  $CO_2$  и 13%  $H_2O$ ) движутся сверху вниз в межтрубном пространстве со средней скоростью  $w_2$  в узком сечении трубного пучка  $S$ . Расход газов  $G_1$ . Температура газов на входе в экономайзер  $t_2$ . Трубы расположены в шахматном порядке с поперечным шагом  $S_1$  и продольным  $S_2$ . Определить также габаритные размеры экономайзера.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.7. Расчетная работа

Примерный перечень тем

1. Расчет температурного поля тепловыделяющего элемента ядерного реактора

Примерные задания

Тепловыделяющий элемент стержневого типа высотой  $H_0$ , диаметрами  $d_1$  (топливный сердечник),  $d_2$  (зазор) и  $d_3$  (защитная оболочка) выполнен из ядерного топлива с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_t$  и объемной плотностью тепловыделений в среднем сечении  $q_{\text{в}}^0$ . Твэл охлаждается теплоносителем со скоростью  $w$  в технологическом канале  $w$  (для реакторов БН), расходом теплоносителя  $G$  (для реакторов ВВЭР) и температурой на входе  $t_{\text{ж}}$ . Защитная оболочка выполнена из циркониевого сплава для реакторов типа ВВЭР, а для реакторов типа БН – из нержавеющей стали с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{об}}$ .

Тепловыделение сердечника считать симметричным относительно среднего сечения, изменяющегося по закону косинуса и равномерным в поперечном сечении. Контактным термическим сопротивлением на границе топливный сердечник – защитная оболочка можно пренебречь.

Рассчитать:

1. температуру теплоносителя по высоте технологического канала;
2. температуру по высоте наружной поверхности защитной оболочки;
3. температуру топливного сердечника по высоте твэла
4. Построить соответствующие графики распределения температур.

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. Стационарная теплопроводность одно- и многослойных плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1 и 3 рода
3. Условия однозначности для процессов теплопроводности
4. Коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, температуропроводности
5. Критический диаметр тепловой изоляции
6. Способы интенсификации процесса теплопередачи
7. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты. Стационарное температурное поле в цилиндрическом твэле
8. Теплоотдача при продольном омывании тонкой пластины турбулентным пограничным слоем. Аналогия Рейнольдса
9. Режимы движения жидкости. Гипотеза прилипания, понятие гидродинамического и теплового пограничного слоев, их свойства
10. Основы теории подобия. Основные числа подобия. Теорема подобия
11. Теплоотдача при продольном омывании тонкой пластины ламинарным пограничным слоем
12. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости внутри труб при турбулентном режиме
13. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости внутри трубы при ламинарном режиме. Вязкостный и вязкостно–гравитационный режимы
14. Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме
15. Теплообмен при свободной конвекции в ограниченном пространстве
16. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе при турбулентном и переходном режимах
17. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной трубы и пучка труб
18. Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме, режимы кипения
19. Кризисы кипения
20. Теплообмен излучением между двумя телами с плоскопараллельными поверхностями. Роль экранов
21. Расчет теплообмена излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловой коэффициент излучения, его геометрические свойства
22. Основные законы теплового излучения. Степень черноты
23. Особенности излучения газов и паров. Степень черноты газового объема
24. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Угловой коэффициент излучения
25. Схемы движения теплоносителей
26. Среднеарифметический температурный напор. Сравнение прямотока и противотока
27. Типы теплообменных аппаратов по принципу действия. Виды тепловых расчетов
28. Уравнение теплового баланса для рекуперативного теплообменника

29. Особенности жидкометаллических теплоносителей

30. Распределение температуры по высоте тепловыделяющего элемента

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 Технология самостоятельной работы	ПК-2	П-8	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Домашняя работа № 3 Домашняя работа № 4 Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Расчетная работа Экзамен