

**Приложение 2 к РПД Теория теплообмена  
16.04.01 Техническая физика  
Направленность (профиль) – магистерская  
программа Теплофизика и  
молекулярная физика  
Форма обучения – очная  
Год набора - 2019**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	<b>Кафедра</b>	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	<b>Направление подготовки</b>	16.04.01 Техническая физика
3.	<b>Направленность (профиль)</b>	магистерская программа Теплофизика и молекулярная физика
4.	<b>Дисциплина (модуль)</b>	Теория теплообмена
5.	<b>Форма обучения</b>	очная
6.	<b>Год набора</b>	2019

**1. Перечень компетенций**

ОПК-2- способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук
ПК-7- способность осваивать и применять современные физико-математические методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов
ПК-6 - способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств
ПК-8 - способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

### 3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		знать:	уметь:	владеть:	
Конденсация пара.	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок			Терминологический тест
Режимы кипения. Кривая кипения	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Устный опрос, контрольная работа
Кризисы кипения	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие мето-	производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками	Терминологический тест

		ды их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	экспериментальных изменений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	
Основные положения теплообмена излучением	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных изменений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Устный опрос
Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок		методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных изменений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Устный опрос, контрольная работа
Аналогия переноса импульса, энер-	ОПК-2 ПК-7	процессы переноса теплоты и			Терминологический

гии и массы компонента		массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок			тест
Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду. Испарение воды в воздух	ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8		производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок	методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.	Терминологический тест
Стационарное испарение капли	ОПК-2	процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов, простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок			Терминологический тест Контрольная работа.

		ских установок			
--	--	----------------	--	--	--

#### 4.Критерии и шкалы оценивания

##### 4.1.Контрольная работа

4 балла выставляется, если студент решил все задания, правильно изложил все варианты их решения.

2 балла выставляется, если студент решил не менее 85% задания, правильно изложил все варианты решения.

1 балл выставляется, если студент решил не менее 65% задания, правильно изложил все варианты их решения.

0 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

##### 4.2.Защита лабораторных работ

**3 балла** - студент рассчитал все рекомендованные к защите лабораторные работы, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо);

**2 балла** - студент рассчитал не менее 85% рекомендованных к защите лабораторных работ, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо);

**1 балл** - студент рассчитал не менее 65% рекомендованных к защите лабораторных работ, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**0 баллов** - студент выполнил менее 50% задания и/или неверно указал варианты решения.

##### 4.3. Групповая дискуссия (устные обсуждения проблемы или ситуации)

Критерии оценивания	Баллы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся ориентируется в проблеме обсуждения, грамотно высказывает и обосновывает свои суждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, материал излагает логично, грамотно, без ошибок;</li> <li>• при ответе студент демонстрирует связь теории с практикой.</li> </ul>	<b>2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся грамотно излагает материал; ориентируется в проблеме обсуждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности;</li> <li>• ответ правильный, полный, с незначительными неточностями или недостаточно полный.</li> </ul>	<b>1</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся излагает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не может доказательно обосновать свои суждения;</li> <li>• обнаруживается недостаточно глубокое понимание изученного материала.</li> </ul>	<b>0</b>

##### 4.4.Терминологический тест

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за решенный тест	1	2	4

#### 4.5. Реферат

Характеристики выполнения реферата	Баллы
<b>1. Новизна реферированного текста:</b> актуальность проблемы и темы; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.	2
<b>2. Степень раскрытия сущности проблемы:</b> соответствие плана теме реферата; соответствие содержания теме и плану; полнота и глубина раскрытия основных понятий; обоснованность способов и методов работы с материалом; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.	2
<b>3. Обоснованность выбора источников:</b> круг, полнота использования литературных источников по теме; привлечение новейших работ (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).	2
<b>4. Соблюдение требований к оформлению:</b> правильное оформление ссылок на используемую литературу; грамотность и культура изложения; владение терминологией и понятийным аппаратом; соблюдение требований к объему работы; культура оформления: выделение абзацев; использование информационных технологий.	1
<b>5. Грамотность:</b> отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей; опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых; наличие литературного стиля изложения.	1
<b>Максимальное количество баллов</b>	<b>8</b>

#### Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности и горизонтальной трубе. Ламинарное течение пленки конденсата
2. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности. Смешанный режим течения пленки конденсата. Учет дополнительных факторов при расчете теплоотдачи при конденсации.
3. Механизм кипения жидкостей. Расчет основных параметров кипящей жидкости.
4. Расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме. Кризис кипения первого рода.
5. Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризис кипения второго рода. Граничное паро содержание. Расчет запаса до кризиса кипения.
6. Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников.
7. Поинтервальный расчет теплообменника.
8. Расчет теплообменников-смесителей и регенеративных теплообменников.
9. Законы теплового излучения абсолютно черного тела. Излучение (и поглощение) серых тел, реальных тел.
10. Расчет теплообмена излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения.
11. Зональный метод расчета излучения в замкнутой системе тел.
12. Определение степени черноты и поглощательной способности газового объема.

13. Расчет лучистого теплообмена в системе тело-оболочка в «сером» и «не сером» приближении.
14. Основы методов расчёта сложного теплообмена.
15. Концентрационная диффузия. Закон Фика.
16. Расчет коэффициента массоотдачи и потока массы компонента на основе аналогии процессов тепло- и массообмена.
17. Тепло- и массообмен при испарении (и конденсации пара) в парогазовую среду.

#### **Примеры контрольной работы:**

1. Паропровод наружным диаметром  $d$ , мм, расположен в большом помещении с температурой воздуха  $t_{ж}$ , °C. Температура поверхности паропровода  $t_{c1}$ , °C. Определить тепловые потери с единицы длины паропровода за счет излучения и конвекции и сравнить их. Приведенная степень черноты поверхности  $\epsilon_{пр}$ . Температуру стен помещения принять равной температуре воздуха, т.е.  $t_{c2} = t_{ж}$ .
2. Стальная труба ( $\lambda_{тр}$ ) внутренним диаметром  $d$  с толщиной стенки  $\delta_1$  покрыта слоем изоляции, коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_{из}$ . По трубе протекает вода, температура которой  $t_{ж1}$ . Коэффициент теплоотдачи воды к стенке  $\alpha_1$ . Снаружи труба омывается свободным потоком воздуха, температура которого  $t_{ж2} = 20^\circ\text{C}$ ; коэффициент теплоотдачи к воздуху  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Найти толщину изоляционного материала, обеспечивающую температуру наружной поверхности изоляции  $60^\circ\text{C}$ .
3. Длинный стальной вал диаметром  $D$  с начальной температурой  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  помещен в печь, температура в которой  $t_{ж}$ . Суммарный коэффициент теплоотдачи к поверхности вала  $\alpha$ . Время  $\tau_1$ , необходимое для нагрева вала, если нагрев считается законченным, когда температура на оси вала  $t_r = 0 = t_{ж} - 20^\circ\text{C}$ .
4. Теплота дымовых газов передаётся через стенку воде. Принимая температуру газов  $t_{ж1}$ , воды  $t_{ж2}$ , коэффициент теплоотдачи газами стенки  $\alpha_1$  и от стенки воде  $\alpha_2$  и считая стенку плоской. Определить температуры всех слоев стенки, если стенка стальная, со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной  $\delta_3$ , а со стороны газов – сажей толщиной  $\delta_1$ .
5. Сопоставить тепловые потоки через трубу с изоляцией и без неё при тех же  $t_{ж1}$ ,  $t_{ж2}$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Если: стальная труба ( $\lambda_{тр}$ ) внутренним диаметром  $d$  с толщиной стенки  $\delta_1$  покрыта слоем изоляции, коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_{из}$ . По трубе протекает вода, температура которой  $t_{ж1}$ . Коэффициент теплоотдачи воды к стенке  $\alpha_1$ . Снаружи труба омывается свободным потоком воздуха, температура которого  $t_{ж2} = 22^\circ\text{C}$ ; коэффициент теплоотдачи к воздуху  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

#### **Примерные вопросы к групповой дискуссии:**

1. В чем заключается отличие пленочной конденсации от капельной? В каком случае и почему будет выше коэффициент теплоотдачи? Поясните механизм процесса конденсации чистого пара с точки зрения молекулярно-кинетической теории.
2. Как определяют число Рейнольдса для пленки конденсата? При каких значениях числа Рейнольдса происходит ламинарное течение пленки конденсата? Для каких значений числа Рейнольдса характерно образование волн на поверхности пленки конденсата? К чему приводит волновое движение?

3. Из-за влияния каких физических процессов уравнение Нуссельта неточно описывает пленочную конденсацию неподвижного пара. Критериальные уравнения, описывающие пленочную конденсацию неподвижного пара на вертикальной стенке (ламинарное и смешанное течение пленки конденсата) и на горизонтальной трубе. Поясните алгоритм вычисления коэффициента теплоотдачи по этим формулам.

4. К чему приводит стекание пленки конденсата с верхних рядов на нижние при конденсации движущегося пара на горизонтальных пучках труб? Какие процессы необходимо учитывать при расчете теплоотдачи движущегося пара на трубных пучках?

5. Как и почему меняется коэффициент теплоотдачи в зависимости от номера ряда при конденсации пара на пучке труб?

6. Механизм пузырькового и пленочного режимов кипения жидкости, а также их влияние на процесс теплоотдачи.

### **Пример терминологического теста.**

Напишите определения и суть следующих понятий:

- 1) Определение и классификация процессов конденсации.
- 2) Теплообмен при конденсации чистых паров.
- 3) Пленочная и капельная конденсация
- 4) Связь расхода конденсата и теплового потока на стенке.
- 5) Уравнение Нуссельта.
- 6) Капельная конденсация пара.
- 7) Средний коэффициент теплоотдачи пучка труб.
- 8) Условия зарождения паровой фазы в объеме перегретой жидкости.
- 9) Условия зарождения паровой фазы на твердой поверхности.
- 10) Температура предельного перегрева жидкости
- 11) Минимальная плотность теплового потока при пленочном кипении.
- 12) Переходное кипение
- 13) Понятие абсолютно черного тела
- 14) Собственное излучение
- 15) Отраженное излучение
- 16) Поглощенное излучение
- 17) Пропущенное излучение
- 18) Эффективное излучение
- 19) Результирующее излучение
- 20) Излучательные характеристики абсолютно черного тела.
- 21) Интегральная плотность потока излучения.
- 22) Закон Планка.
- 23) Правило смещения Вина.
- 24) Закон Стефана-Больцмана.
- 25) Закон Кирхгофа.
- 26) Закон Ламберта.
- 27) Угловые коэффициенты излучения.
- 28) Закон Бугера.
- 29) Концентрационная диффузия
- 30) Закон Фика
- 31) Коэффициент диффузии
- 32) Термодиффузия
- 33) Бародиффузия
- 34) Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.
- 35) Коэффициент массоотдачи.
- 36) Стефанов поток.



37) Уравнение конвективной тепло- и массоотдачи.

38) Уравнение теплового и диффузионного пограничного слоев.

**Перечень лабораторных работ:**

1. Определение КПД измерительного стенда по изучению работы тепловой станции.
2. Исследование теплоотдачи от неоребреной и оребреной трубы круглого сечения.
3. Изучение теплообменника типа «труба в трубе».
4. Определение скрытой удельной теплоты конденсации пара.
5. Исследование процесса теплоотдачи при вынужденной конвекции.

## 14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

#### 16.04.01 Техническая физика

#### Направленность (профиль) – магистерская программа Теплофизика и

(код, направление, профиль)

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		<b>Б1.В.ОД.3</b>					
Дисциплина		<b>Теория теплообмена</b>					
Курс	<b>1</b>	семестр	<b>1</b>				
Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий						
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Малышев В.С, канд. техн. наук, доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий					
Общ. трудоемкость-час/ЗЕТ		<b>144/4</b>	Кол-во семестров	<b>1</b>	Форма контроля	<b>Экзамен</b>	
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>8/8</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>30/30</b>	ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>16/16</b>	СРС <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>54/54</b>

#### Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

ОПК-2- способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук
ПК-7- способность осваивать и применять современные физико-математические методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов
ПК-6 - способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств
ПК-8 - способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<b>Вводный блок</b>				
Не предусмотрен				
<b>Основной блок</b>				
ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Терминологический тест	5	20	По согласованию с преподавателем
ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Опрос	4	20	По согласованию с преподавателем
ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Контрольная работа	5	20	По согласованию с преподавателем
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
ОПК-2, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Экзамен	Вопрос 1	20	В сроки сессии
		Вопрос 2	20	В сроки сессии
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	

<b>Итого:</b>		<b>100</b>	
<i>Дополнительный блок</i>			
ОПК-2, ПК-7	Подготовка реферата	<b>5</b>	По согласованию с преподавателем

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.