

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»  
в г. Апатиты

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ОД.10 Тепломассообмен**

---

(шифр дисциплины и название в строгом соответствии  
с федеральным государственным образовательным стандартом и учебным планом)

**образовательной программы  
по направлению подготовки бакалавриата**

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика  
Профиль Теплофизика  
Академический бакалавриат**

---

(код и наименование направления подготовки  
с указанием профиля (наименования магистерской программы))

---

**очная форма обучения**  
форма обучения

---

**Составители:**

Кириллов И.Е., канд. техн. наук,  
доцент кафедры физики, биологии и  
инженерных технологий

Бирюков В.В., ст. преподаватель  
кафедры физики, биологии и  
инженерных технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий  
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



подпись

Николаев В. Г.

## **1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ). Б1.В.ОД.10 Тепломассообмен**

### **2. АННОТАЦИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ**

**Целью дисциплины** является освоение обучающимися основ теории тепло- и массообмена, понимание обучающимися процессов переноса теплоты и массы, протекающих в природе, в технологических процессах и технологических установках, привитие технического взгляда на окружающий мир, технического образа мышления.

#### **Знать:**

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

#### **Уметь:**

производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок

#### **Владеть:**

методами оценки основных погрешностей измерений; навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.

### **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

– способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

### **4. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

Дисциплина относится к вариативной части обязательных дисциплин блока Б1. Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Математика", "Физика", "Механика", "Информационные технологии".

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы и изучении большинства дисциплин базовой части ОПОП, а также при реализации программ магистерской подготовки.

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц или 288 часов.  
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ				
3,4	6,7	8	288	64	48	16	128	-	160 (из них 72ч для подготовки к экзамену)	Зачет, экзамен

**6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
<i>VI семестр</i>							
1.	Введение в тепломассообмен. Способы переноса теплоты. Основные определения, терминология	4	6	-	10	-	4
2.	Одномерные стационарные задачи теплопроводности	8	-	4	12	-	10
3.	Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности	6	-	4	10	-	8
4.	Введение в численные методы решения задач теплопроводности	4	6	2	12	-	6
5.	Введение в конвективный теплообмен	6	4	4	14	-	6
6.	Внешняя задача конвективного теплообмена	4	-	2	10	-	10
	<b>Зачет</b>						
	<b>Экзамен</b>						36
<i>VII семестр</i>							
7.	Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)	4	-	-	4	-	10
8.	Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя	4	12	-	16	-	6
9.	Теплообменные аппараты	4	-	-	4	-	6

10.	Теплообмен излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой	6	-	-	6	-	8
11.	Основы расчета теплообмена излучением между излучающе-поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств	8	10	-	18	-	6
12.	Основные понятия массообмена	6	10	-	16	-	8
	Итого:	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>128</b>	<b>-</b>	<b>88</b>
	Экзамен						36

### Содержание разделов дисциплины

#### Введение в теплообмен. Способы переноса теплоты. Основные определения, терминология

Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена.

Определение основных понятий: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Вектор плотности теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое взаимодействие потока жидкости с обтекаемой поверхностью твердого тела. Закон Ньютона-Рихмана. Теплопередача.

#### Одномерные стационарные задачи теплопроводности

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент температуропроводности.

Перенос теплоты в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Термические сопротивления. Коэффициент теплопередачи.

Перенос теплоты в цилиндрической стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру.

Температурное поле при наличии в теле источников теплоты (пластина, цилиндрический стержень).

Оребрение поверхности нагрева как способ интенсификации процесса теплопередачи. Теплопередача через оребренную стенку. Коэффициент эффективности ребра. Перенос теплоты по стержню (ребру). Тепловой поток с поверхности стержня (ребра).

#### Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности

Нестационарные задачи теплопроводности. Метод разделения переменных решения линейного уравнения теплопроводности (Фурье). Безразмерная форма задачи о нестационарном температурном поле в охлаждаемой пластине. Число Био. Безразмерное время (число Фурье).

Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра и некоторых тел конечных размеров.

Задача об охлаждении (нагревании) полуограниченного тела как модель начального периода нестационарной теплопроводности тела произвольной формы.

Регулярный режим охлаждения. Определение теплофизических свойств материалов методом регулярного режима. Теоремы Кондратьева.

#### Введение в численные методы решения задач теплопроводности

Итеративные и вариативные методы решения дифференциальных уравнений математической физики; метод конечных разностей и метод конечных элементов.

Метод контрольного объёма (Патанкар) применительно к решению одномерных стационарных и нестационарных задач теплопроводности.

### Введение в конвективный теплообмен

Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Условия однозначности, уравнение теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена в приближении пограничного слоя

Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Нуссельта.

Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля.

Экспериментальное изучение процессов конвективного теплообмена. Тепловое моделирование. Элементы теории подобия и размерности. Пи – теорема.

Турбулентность. Рейнольдсовы преобразования дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Турбулентная теплопроводность. Турбулентная вязкость. Турбулентное число Прандтля.

### Внешняя задача конвективного теплообмена

Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Задачи Блазиуса и Польгаузена. Аналогия Рейнольдса. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании трубы и пучка труб.

Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объёме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объёме (щели, зазоры).

### Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)

Теплообмен при движении теплоносителей в трубах и каналах. Первое начало термодинамики для течения в трубах. Местный и средний коэффициенты теплоотдачи.

Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Турбулентное движение в трубах. Формулы Михеева и Петухова. Интеграл Лайона

Теплоотдача при течении жидких металлов. Теплообмен сжимаемого газа. Теплообмен при сверх критическом состоянии жидкостей.

Интенсификация конвективного теплообмена при течении теплоносителя в трубах и каналах.

### Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя

Теплообмен при конденсации пара. Плёночная и капельная конденсация. Теория Нуссельта. Поправочные коэффициенты к теории Нуссельта по Д.А. Лабунцову (на волновое течение и переменность физических свойств конденсата). Турбулентное течение плёнки конденсата – расчёт коэффициента теплоотдачи (формула Лабунцова). Влияние скорости пара, состояния поверхности, влажности и перегрева пара, примесей воздуха в паре.

Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Пузырьковое и плёночное кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька. Отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчёт коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объёме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Теплоотдача при плёночном кипении.

Кипение в трубах. Режим течения парожидкостной смеси. Гидродинамика и теплообмен при кипении в трубах. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода. Расчёт коэффициентов запаса до кризиса.

### Теплообменные аппараты

Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые

расчеты рекуперативного теплообменника. Сравнение прямого и противотока. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.

Понятие о расчёте смесительных теплообменников и о расчёте регенеративных теплообменных аппаратов.

Теплообмен излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой

Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения. Формула Поляка.

Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения. Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела.

Лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами; телом и оболочкой; экранирование излучения.

Теоретические основы современных зональных методов расчёта теплообмена излучением. Интегральные уравнения излучения.

Основы расчета теплообмена излучением между излучающей и поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств

Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающе-поглощающей средой (серое приближение). Расчёт теплообмена в системе типа «газ в оболочке».

Закон Бугера. Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания). Эффективная длина луча.

Понятие о методах расчёта сложного теплообмена (радиационно-кондуктивного и радиационно-конвективного).

Основные понятия массообмена

Концентрационная диффузия (массы). Вектор плотности потока массы. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо и бародиффузия.

Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена. Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов массо- и теплообмена. Диффузионные аналоги чисел Нуссельта и Прандтля.

Соотношения материального и энергетического баланса для межфазной границы. Случай полупроницаемой межфазной границы.

Формула Стефана. Стефанов поток.

Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду. Адиабатное испарение.

Массо- и теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Архипов, В. Физико-химические основы процессов тепломассообмена : учебное пособие / В. Архипов. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 199 с. - [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442086
2. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебник. - М.: МЭИ, 2011 – 562 с.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

### Общие сведения

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	<b>14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика</b>
3.	Дисциплина (модуль)	<b>Б1.В.ОД.10 Тепломассообмен</b>

### Перечень компетенций

– способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

## 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:		
Введение в тепломассообмен. Способы переноса теплоты. Основные определения, терминология	ПК-1	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		Терминологический тест	
Одномерные стационарные задачи теплопроводности				методами оценки основных погрешностей измерений ;		Опрос, Решение задач
Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности				навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.		Решение задач
Введение в численные методы решения задач теплопроводности						Терминологический тест
Введение в конвективный теплообмен						Терминологический тест
Внешняя задача конвективного теплообмена						Решение задач, опрос
Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)						Решение задач, терминологический тест
Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя						Опрос
Теплообменные аппараты						Решение задач, опрос
Теплообмен излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой						Терминологический тест, опрос
Основы расчета теплообмена излучением между излучающе-поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств						Опрос Решение задач
Основные понятия массообмена						Терминологический тест



## Критерии и шкалы оценивания

### 1. Терминологический тест

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за решенный тест	1	3	6

### 2. Решение задач

7 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

4 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

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

### 3. Критерии оценки опроса

Баллы	Характеристики ответа студента
7	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- свободно владеет понятиями</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>- не допускает существенных неточностей;</li><li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>- аргументирует научные положения;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- владеет системой основных понятий</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>- слабо аргументирует научные положения;</li><li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>- частично владеет системой понятий</li></ul>
0	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>- не может аргументировать научные положения;</li><li>- не формулирует выводов и обобщений;</li><li>- не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

***Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы***

**Примерный перечень вопросов к экзамену**

**Теплопередача (6 семестр):**

1. Основные физико-химические величины: плотность, удельный вес, вязкость, поверхностное (межфазное) натяжение.
2. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.
3. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения этого уравнения.
4. Режимы течения жидкостей. Эквивалентный диаметр.
5. Уравнение неразрывности (сплошности) потока.
6. Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке.
7. Уравнение Бернулли. Измерение расхода и скорости.
8. Теплопроводность, конвекция, теплоотдача, тепловое излучение.
9. Основное уравнение теплопередачи.
10. Температурное поле и температурный градиент.
11. Передача тепла теплопроводностью.
12. Передача тепла конвекцией.
13. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
14. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.
15. Нагревание, охлаждение, конденсация.
16. Теплообменные аппараты. Устройство кожухотрубчатых теплообменников.
17. Выпаривание: сущность процесса, способы его организации.
18. Конструкции выпарных аппаратов.
19. Однокорпусные выпарные аппараты: материальный и тепловой балансы.
20. Конденсация паров: сущность процесса, обобщенное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи.
21. Расчет поверхностных конденсаторов паров.
22. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей.
23. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу процессатеплообмена.
24. Выбор взаимного движения теплоносителей.
25. Кипение жидкостей.
26. Вынужденное движение в трубном и межтрубном пространстве.
27. Массопередача: виды процессов массопередачи.
28. Правило фаз. Способы выражения состава фаз.
29. Механизм переноса массы. Уравнение массотдачи.
30. Уравнение массопередачи
31. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
32. Материальный баланс, рабочая линия.
33. Направление массопередачи.
34. Скорость массопередачи.
35. Зависимость между коэффициентами массоотдачи и массопередачи.
36. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи.
37. Движущая сила процессов массопередачи.
38. Число единиц переноса (ЧЕП).
39. Высота единиц переноса (ВЕП).

40. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
41. Экстракция: методы экстракции, одноступенчатая экстракция.
42. Многоступенчатая экстракция: перекрестный ток и противоток.
43. Устройство экстракторов.
44. Перегонка жидкостей: дистилляция или простая перегонка.

**Массопередача (7 семестр):**

1. Виды процессов массопередачи.
2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередачи (правило фаз).
3. Механизм переноса массы.
4. Уравнения массоотдачи и массопередачи. В чем различие коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
5. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
6. Рабочая линия. Направление массопередачи.
7. Скорость массопередачи.
8. Зависимость между коэффициентами массоотдачи и массопередачи.
9. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи.
10. Число и высота единицы переноса.
11. Движущая сила процессов массопередачи. Коэффициент извлечения (обогащения).
12. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу.
13. Подобие процессов переноса массы
14. Методы экстракции.
15. Материальный баланс абсорбционного процесса.
16. Равновесие при абсорбции: правило фаз, законы Генри и Дальтона.
17. Устройство абсорбционных аппаратов.
18. Многоступенчатая противоточная абсорбция.
19. Гидродинамические режимы абсорберов.
20. Расчет абсорберов.
21. Схемы абсорбционных установок.
22. Материальный баланс и расход абсорбента.
23. Тепловой баланс абсорбера.
24. Устройство дифференциально-контактных экстракторов.
25. Определение числа ступеней в массообменном аппарате графическим и расчетным методами.
26. Первый закон Фика.
27. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде
28. Расчет экстракционных аппаратов.

## Примерный перечень вопросов к зачету

1. Теплопроводность плоского слоя при постоянном коэффициенте теплопроводности. Многослойная стенка
2. Теплопередача через однослойную и многослойную стенку.
3. Теплопередача через цилиндрическую и шаровую стенку.
4. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор тепловой изоляции цилиндра (шара).
5. Температурное поле в телах с внутренними источниками теплоты.
6. Температурное поле в ребре. Коэффициент эффективности ребра.
7. Расчет теплоотдачи (теплопередачи) ребренной поверхности теплообмена (плоская стенка, цилиндрическая поверхность).
8. Нестационарные задачи теплопроводности. Метод Фурье применительно к телам простой геометрии.
9. Расчет температурного поля в бесконечной пластине и цилиндре.
10. Расчет температурного поля в трехмерных телах простой геометрии. Количество теплоты, отданной телом в процессе охлаждения (нагревания)
11. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел.
12. Численное решение задач теплопроводности.
13. Методы подобия и размерностей в задачах теплопроводности и конвективного теплообмена. Числа подобия.
14. Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости.
15. Расчет теплоотдачи при внешнем обтекании тел.
16. Расчет теплоотдачи при течении жидкостей в каналах.
17. Особые случаи расчета теплоотдачи (теплоотдача жидких металлов, учет сжимаемости газа, сверхкритического состояния вещества).
18. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности и горизонтальной трубе. Ламинарное течение пленки конденсата
19. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности. Смешанный режим течения пленки конденсата. Учет дополнительных факторов при расчете теплоотдачи при конденсации.
20. Механизм кипения жидкостей. Расчет основных параметров кипящей жидкости.
21. Расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме. Кризис кипения первого рода.
22. Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризис кипения второго рода. Граничное паросодержание. Расчет запаса до кризиса кипения.
23. Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников.
24. Поинтервальный расчет теплообменника.
25. Расчет теплообменников-смесителей и регенеративных теплообменников.
26. Законы теплового излучения абсолютно черного тела. Излучение (и поглощение) серых тел, реальных тел.
27. Расчет теплообмена излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения.
28. Зональный метод расчета излучения в замкнутой системе тел.
29. Определение степени черноты и поглощательной способности газового объема.
30. Расчет лучистого теплообмена в системе тело-оболочка в «сером» и «не сером» приближении.
31. Основы методов расчёта сложного теплообмена.
32. Концентрационная диффузия. Закон Фика.
33. Тепло- и массообмен при испарении (и конденсации пара) в парогазовую среду.

### Примеры решения задач:

1. Найти потери тепла излучение 1 м паропровода диаметром  $d = 250$  мм, наружная температура которого равна  $500$  °С, степень черноты  $0,92$ .

**Решение:**

По формуле

$$E = \varepsilon \cdot E_0 = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4 = \varepsilon \cdot c_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 = c \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4,$$

находим

$$Q = \varepsilon \sigma_0 T^4 F = 0,92 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 773^4 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 1 = 14,6 \text{ кВт.}$$

Ответ: 14,6 кВт.

1. Паропровод наружным диаметром  $d$ , мм, расположен в большом помещении с температурой воздуха  $t_{ж}$ , °С. Температура поверхности паропровода  $t_{c1}$ , °С. Определить тепловые потери с единицы длины паропровода за счет излучения и конвекции и сравнить их. Приведенная степень черноты поверхности  $\varepsilon_{пр}$ . Температуру стен помещения принять равной температуре воздуха, т.е.  $t_{c2} = t_{ж}$ .  $d=320$  мм,  $t_{ж}=29$  °С,  $\varepsilon_{пр}=0,8$ ,  $t_{c1}=300$  °С.
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  $t_{ж2} = 20$ °С; коэффициент теплоотдачи к воздуху  $\alpha_2 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С). Найти толщину изоляционного материала, обеспечивающую температуру наружной поверхности изоляции  $60$ °С.
3. Длинный стальной вал диаметром  $D$  с начальной температурой  $t_0 = 20$ °С 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  $t_r = 0 = t_{ж} - 20$ °С.
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  $t_{ж2} = 22$ °С; коэффициент теплоотдачи к воздуху  $\alpha_2 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

### Примерный перечень вопросов к опросу:

1. Дайте определение процесса конденсации.
2. Запишите систему дифференциальных уравнений, описывающих конденсацию неподвижного пара, укажите особенности ее решения.

3. Как учитывают влияние скорости движения пара на теплоотдачу при пленочной конденсации движущегося пара на одиночной горизонтальной трубе?
4. Какая жидкость называется перегретой, какие процессы могут вызвать значительный перегрев жидкости?
5. Как определяется коэффициент теплоотдачи при ламинарном движении паровой пленки вдоль вертикальной стенки и на горизонтальной трубе?
6. В чем состоит явление теплового гистерезиса при кипении?
7. Дайте определение, запишите обозначение и единицы измерения следующих видов лучистых потоков: интегральный поток излучения, спектральный поток излучения, излучательная способность тела, спектральная интенсивность излучения, спектральная яркость излучения, интегральная яркость излучения.
8. Как влияет на результирующий поток излучения установка экранов? Какой должна быть степень черноты экранов?
9. Как определяются приведенный коэффициент излучения и приведенный коэффициент поглощения, если между телом и оболочкой установлены экраны?
10. Перечислите условия применимости закона Бугера.
11. Запишите уравнение движения для бинарной смеси.
12. В каком случае тепловой, гидродинамический и диффузионный пограничные слои будут иметь одинаковую толщину?
13. В каком случае толщины диффузионного, теплового и гидродинамического пограничных слоев будут одинаковыми?
14. Что такое критическое состояние жидкости?
15. Запишите критериальные уравнения, используемые для расчета диффузионного числа Нуссельта для разных диапазонов чисел Рейнольдса.
16. Запишите закон Ньютона – Рихмана для случая теплообмена между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.

### **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.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

### а) основная литература:

1. Николаев В.Г. Лабораторные работы по курсу тепломассообмена: учебно-методическое пособие. - Апатиты: КФ ПетрГУ, 2013

### б) дополнительная литература:

2. Цветков Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену: учебное пособие. - М.: МЭИ, 2010 – 196 с.
3. Дмитриев Е. А. Явления переноса массы в примерах и задачах: учебное пособие [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=428677&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428677&sr=1)
4. Архипов В. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: учебное пособие - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015 – 199 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=442086&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=442086&sr=1)
5. Пахомов А. Н. , Гатапова Н. Ц. , Пахомова Ю. В. Основы решения задач теплообмена: учебное пособие - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015 – 82 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=444965&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=444965&sr=1)

### Электронно-образовательные ресурсы (ЭОР):

1. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Юрайт <https://biblio-online.ru/>

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

1. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru), [www.leninka.ru](http://www.leninka.ru)



## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.**

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, подготовку к тестам и контрольным работам, зачетам и экзаменам.

### **Планы практических занятий**

#### **1. Введение в тепломассообмен. Способы переноса теплоты. Основные определения, терминология**

##### **План:**

1. Предмет и задачи курса.
2. Основные понятия и терминология.
3. Теплообмен.
4. Массообмен

*Литература:* [4, с. 9-16].

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое теплопроводность?
2. Виды теплообмена?
3. Виды теплоотдача?
4. Перечислите процессы при которых одновременно происходит тепло- и массообмен.

#### **2. Введение в численные методы решения задач теплопроводности**

##### **План:**

1. Однослойная неограниченная пластина
2. Ограниченный цилиндр
3. Ограниченная пластина
4. TV-слойная пластина
5. Двухслойный цилиндр
6. Двухслойный шар

*Литература:* [5, с. 9-29].

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Формула Фурье.
2. В каком случае толщины диффузионного, теплового и гидродинамического пограничных слоев будут одинаковыми?
3. Запишите выражение для соотношения толщин теплового и гидродинамического пограничного слоев.
4. Что называют первой и второй критической плотностью теплового потока? 3. Запишите критериальное уравнение и поясните особенности вычисления первой критической тепловой нагрузки.

### 3. Введение в конвективный теплообмен

#### 1. Свободная и вынужденная конвекция

*Литература:* [4, с. 167-168].

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дайте определение понятия конвективный массообмен
2. Сформулируйте закон Фика.
3. Что такое свободная и вынужденная конвекция?
4. Как влияет на процесс теплоотдачи движение пара внутри трубы, если труба вертикальная или горизонтальная?

### 4. Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя

1. Нагрев/охлаждение одиночного тела в поперечном потоке
2. Нагрев/охлаждение одиночного тела в кипящем слое

*Литература:* [5, с. 29-34].

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Поясните термодинамические условия, при которых пар переходит в жидкую фазу или в твердое состояние.
2. Запишите критериальные уравнения, используемые для расчета диффузионного числа Нуссельта для разных диапазонов чисел Рейнольдса.

### 5. Основы расчета теплообмена излучением между излучающе-поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств

#### 1. Решение задач по теме

*Литература:* [3, с. 14-18]

*Задание для самопроверки:*

Найти скорость хемосорбции в реакторе с мешалкой (рис. а), где протекает необратимая химическая реакция первого порядка  $A + B \xrightarrow{k_1} C$  при следующих условиях: процесс стационарный, газ А мало растворим в жидкости В, продукт реакции С не влияет на диффузию А в В, образующиеся пузырьки имеют одинаковый размер, температура постоянна. Рассмотреть процесс при условии, что вокруг газового пузырька существует неподвижный слой жидкости толщиной  $\delta$ , в котором концентрация А изменяется от  $C_{A0}$  до  $C_{A\delta}$  (рис. б, в).

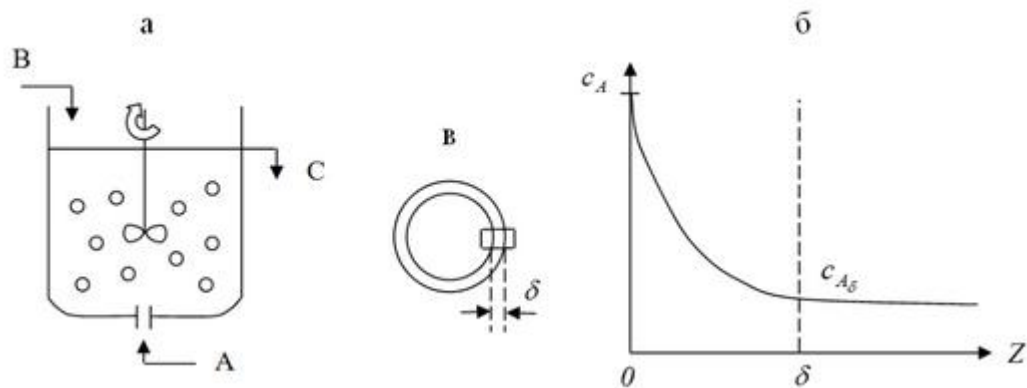


Рис. реактор с мешалкой и подачей газа в форме пузырьков (а), график функции  $C_A=f(z)$  (б), отдельный пузырек, окруженный слоем жидкости толщиной  $\delta$  (в)

## 6. Основные понятия массообмена

1. Основные принципы моделирования процессов теплообмена
2. Математическое моделирование
3. Физическое моделирование

*Литература:* [4, с. 16-26].

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое массоотдача.
2. В каких процессах одновременно происходит тепло- и массообмен.
3. Дайте определение и запишите единицы измерения коэффициентов массоотдачи, отнесенного к разности концентраций диффундирующего вещества и к разности парциальных давлений.

**Лабораторные занятия.** В лаборатории теплообмена студенты наряду с работой на физических лабораторных стендах выполняют ряд работ на математических моделях изучаемых процессов.

### Лабораторные работы:

1. Изучение 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.

**12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

Программное обеспечение:

1. MS Windows;
2. Офисный пакет LibreOffice;
3. Web-браузер.

**13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов, номер ауд.
1.	<p><i>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</i></p> <p>Мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), мультимедийное оборудование (проектор, экран)</p>	<p>184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 3, ауд. 319</p>
2.	<p><i>Лаборатория теплообмена и регулирования тепловых процессов</i></p> <p>доска измерительный стенд-11 шт., вакуумный универсальный пост-1 шт., тематические иллюстрации-6 шт., демонстрационный стенд-1 шт.</p>	<p>184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 2, ауд. 210</p>
3	<p><i>Помещение для самостоятельной работы студентов</i></p> <p>Доска аудиторная, столы компьютерные, стулья «Контакт» Мультимедийный проектор Toshiba TLP-X2000 – 1 шт., экран проекционный матовый – 1 шт. 13 ПЭВМ Монитор Acer AL 1917 19" – 13 шт., клавиатура – 13 шт., мышь – 13 шт.</p>	<p>184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 5, ЛИТ 3</p>

## 14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.

### ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль – Теплофизика Академический бакалавриат

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		Б1.В.ОД.10	
Дисциплина		Тепломассообмен	
Курс	3	семестр	6
Кафедра		физики, биологии и инженерных технологий	
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Кириллов И.Е., канд. ехн. наук, оцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий Бирюков В. В., ст. преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий	
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>		288/8	Кол-во семестров
			2
		Интерактивные формы <sub>общ./тек. сем.</sub>	
		-/-	
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	64/32	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	48/16
		ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	16/16
		Форма контроля	
		Зачет	

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>			
Не предусмотрен			
<i>Основной блок</i>			
Решение задач	3	21	На практических занятиях
Опрос	3	21	На практических занятиях
Терминологический тест	3	18	На практических занятиях
<b>Всего:</b>		<b>60</b>	
Зачет	Вопрос 1	20	В конце семестра
	Вопрос 2	20	В конце семестра
<b>Всего:</b>		<b>40</b>	
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	
<i>Дополнительный блок</i>			
Не предусмотрен			

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.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		<b>Б1.В.ОД.10</b>	
Дисциплина		<b>Тепломассообмен</b>	
Курс	<b>3</b>	семестр	<b>6</b>
Кафедра		физики, биологии и инженерных технологий	
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Кириллов И.Е., канд. ехн. наук, оцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий Бирюков В. В., ст. преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий	
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>		<b>288/8</b>	Кол-во семестров
			<b>2</b>
		Интерактивные формы <sub>общ./тек. сем.</sub>	
		<b>-/-</b>	
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>64/32</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>48/16</b>
		ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>16/16</b>
		Форма контроля	<b>Экзамен</b>

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i><b>Вводный блок</b></i>			
Не предусмотрен			
<i><b>Основной блок</b></i>			
Решение задач	3	21	На практических занятиях
Опрос	3	21	На практических занятиях
Терминологический тест	3	18	На практических занятиях
<b>Всего:</b>		<b>60</b>	
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><b>Дополнительный блок</b></i>			
Не предусмотрен			

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.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		<b>Б1.В.ОД.10</b>	
Дисциплина		<b>Тепломассообмен</b>	
Курс	<b>4</b>	семестр	<b>7</b>
Кафедра			
физики, биологии и инженерных технологий			
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Кириллов И.Е., канд. техн. наук, доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий Бирюков В. В., ст. преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий	
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>		<b>288/8</b>	Кол-во семестров
			<b>2</b>
		Интерактивные формы <sub>общ./тек. сем.</sub>	
		-/-	
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>64/32</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>48/32</b>
		ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>16/-</b>
		Форма контроля	<b>Экзамен</b>

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i><b>Вводный блок</b></i>			
Не предусмотрен			
<i><b>Основной блок</b></i>			
Решение задач	2	14	На практических занятиях
Опрос	7	28	На практических занятиях
Терминологический тест	3	18	На практических занятиях
<b>Всего:</b>		<b>60</b>	
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>	

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.

### 15. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ.

Не предусмотрено.

### 16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины *Б1.В.ОД.10 «Тепломассообмен»* может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.