

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

\_\_\_\_\_ А.М. Патрусова

\_\_\_\_\_ 19 мая \_\_\_\_\_ 2025 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.О.11 Тепломассообмен**

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план **b130301\_25\_ЭОП.plx**

Направление: **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Экзамен 4, Контрольная работа 4

### **Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	<b>4 (2.2)</b>		Итого	
Неделя	17			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	51	51	51	51
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
В том числе инт.	24	24	24	24
Итого ауд.	119	119	119	119
Контактная работа	119	119	119	119
Сам. работа	61	61	61	61
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):  
*ст.пр., Кижин Вадим Владиславович* \_\_\_\_\_  
Рабочая программа дисциплины

### **Тепломассообмен**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
утвержденного приказом ректора от 31.01.2025 № 61.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### **Энергетики**

Протокол от 21.04.2025г. № 9

Срок действия программы: 4 года

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В. №8 от 28.04.2025г.

Ответственный за реализацию ОПОП \_\_\_\_\_ Булатов Ю.Н.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

№ регистрации \_\_\_\_\_ 26 \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_ -20\_\_ учебном году на заседании кафедры**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Научить будущих специалистов владеть не только теорией, но и методами расчета основных процессов тепло и массообмена, формирование четких основных физических законов тепломассообмена.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.11
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Математика
2.1.2	Физика
2.1.3	Химия
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Тепломассообменное оборудование предприятий
2.2.2	Технологические энергоносители предприятий

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОПК-3 : Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач**

**ОПК-3 .2: Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики**

Знать: основные законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.

Уметь: рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и технологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимальных потерь теплоты, рассчитывать передаваемые тепловые потоки.

Владеть: Основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.

**ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах**

**ОПК-4.2: Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем**

Знать: основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы статики, кинематики и динамики жидкостей и газов при расчетах теплотехнических установок.

Уметь: рассчитывать гидродинамические параметры жидкостей и газов в теплотехнических установках

Владеть: методиками проведения различных гидродинамических расчетов теплотехнического оборудования и систем.

**ОПК-4.3: Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем**

Знать: основных законы и способы переноса теплоты и массы при расчетах теплотехнических установок и систем.

Уметь: рассчитывать основные показатели тепломассообмена в теплотехнических установках.

Владеть: основными способомирасчета при преобразования, транспорта и использования теплоты и переноса массы в теплотехнических установках и системах.

**ОПК-4.4: Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений**

Знать: основные законы термодинамик и способы переноса теплоты и массы.

Уметь: применять основные законы термодинамик и способы переноса теплоты и массы.

Владеть: основными навыками в применении законов термодинамики и способов переноса теплоты и массы.

**ОПК-4.7: Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках**

Знать: основы тепломассообменных процессов в теплотехнических установках

Уметь: применять знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках

Владеть: навыками в применении основ тепломассообмена в теплотехнических установках

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)								
Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Индикаторы	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	<b>Раздел 1. Способы теплообмена</b>						
1.1	Лек	Предмет курса, общие понятия. Основные процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный теплообмен, радиационный теплообмен.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2	0,5	лекция – беседа.
1.2	Лек	Теплоотдача и теплопередача. Основные количественные характеристики процесса переноса тепла: количество тепла, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников тепла.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0,5	лекция – беседа.
1.3	Лек	Важнейшие этапы развития учения о тепло- и массообмене, вклад российских учёных в развитие учения о тепломассообмене, перспективы развития.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.4	Лек	Механизм процесса теплопроводности в твёрдых телах, в жидкостях и газах.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.5	Лек	Температурное поле, градиент температуры, закон Фурье.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.6	Лек	Коэффициент теплопроводности, зависимость от параметров процесса.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.7	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.8	Экзамен		4	5	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения; Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена</b>						
2.1	Лек	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности, зависимость от параметров процесса.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	лекция – беседа.

2.2	Лек	Краевые условия для процессов теплопроводности: начальные и граничные условия первого, второго, третьего и четвёртого рода.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	лекция – беседа.
2.3	Лек	Краевые условия для процессов теплопроводности: начальные и граничные условия первого, второго, третьего и четвёртого рода. Закон Ньютона—Рихмана.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
2.4	Лаб	Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала	4	8	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л3.5 Э1 Э2	4	Работа в малых группах.
2.5	Пр	Нестационарная теплопроводность в пластине цилиндре и в телах конечных размеров	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
2.6	Пр	Теплопроводность при стационарном режиме	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
2.7	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
2.8	Экзамен		4	5	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
2.9	Контр. раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 3. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена</b>						
3.1	Лек	Условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов. Приведение уравнений тепловых потоков к безразмерному виду.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	круглый стол (дискуссия).
3.2	Лек	Пи – теорема, основные критерии теплового подобия.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	круглый стол (дискуссия).
3.3	Лек	Использование опытных данных для получения полуэмпирических уравнений подобия.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

3.4	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
3.5	Экзамен		4	5	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 4. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб; расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции</b>						
4.1	Лек	Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы. Участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированное течение. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы течения. Методы расчёта теплоотдачи при стабилизированном течении в трубах.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	круглый стол (дискуссия).
4.2	Лек	Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого сечения, расчётные формулы. Теплоотдача при переходном режиме течения жидкости. Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения и в изогнутых и шероховатых трубах.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	круглый стол (дискуссия).
4.3	Лек	Параметры пограничного слоя при поперечном обтекании цилиндрических поверхностей и их связь с теплоотдачей. Характер изменения теплоотдачи при различных условиях омывания жидкостью. Средний коэффициент теплоотдачи, расчётные зависимости.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.4	Лек	Влияние степени турбулизации набегающего потока и угла атаки на теплоотдачу цилиндра. Основные типы пучков труб. Ламинарное и турбулентное течение жидкости в пучках.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

4.5	Лек	Изменение теплоотдачи по окружности трубок пучка. Изменение теплоотдачи (средние ряды) в зависимости от номера ряда и межосевых расстояний трубок. Расчетные зависимости. Сравнительная теплоотдача шахматного и коридорного пучков труб.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	1	круглый стол (дискуссия).
4.6	Лек	Факторы, обуславливающие свободное движение жидкости. Характер движения жидкости вдоль вертикальной стенки, распределение в ней температур и скоростей, изменение коэффициента теплоотдачи по высоте стенки. Характер движения жидкости вблизи горизонтальных труб и пластин.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.7	Лек	Результаты теоретических и экспериментальных исследований теплоотдачи при естественной конвекции. Расчетные уравнения. Теплоотдача в ограниченном пространстве, методика расчета.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.8	Лек	Пограничные гидродинамический и тепловой слои: определение границ для ламинарного и турбулентного слоёв. Интегральное уравнение теплового потока. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.9	Лек	Соотношение толщин гидродинамического и теплового пограничных слоёв. Влияние переменных физических параметров на теплопередачу. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.10	Лаб	Определение коэффициента теплопроводности металла	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.5 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
4.11	Лаб	Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции воздуха	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.6 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
4.12	Лаб	Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.2 Э1 Э2	0	

4.13	Пр	Критический диаметр тепловой изоляции трубы	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
4.14	Пр	Теплоотдача при ламинарном и турбулентном обтекании плоской пластины	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
4.15	Пр	Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании отдельный труб и трубных пучков	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
4.16	Пр	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	2	Работа в малых группах.
4.17	Пр	Интенсификация процесса теплопередачи с помощью оребрения	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
4.18	Пр	Теплоотдача при свободном движении жидкости	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
4.19	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.20	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
4.21	Контр.раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 5. Теплообмен при фазовых превращениях</b>						
5.1	Лек	Условия необходимые для конденсации пара. Плёночная и капельная конденсация. Коэффициент конденсации. Термическое сопротивление фазового перехода.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3.2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

5.2	Лек	Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенках; ламинарное и турбулентное течение плёнки; теоретический расчёт теплоотдачи при ламинарном течении плёнки; расчёт средней теплоотдачи при наличии на поверхности ламинарной и турбулентной плёнки. Влияние на скорость конденсации пара наличия неконденсирующихся газов.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.3	Лек	Конденсация пара внутри труб, на поверхности горизонтальных труб и трубных пучков. Теплоотдача при капельной конденсации пара. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Условия возникновения кипения и его механизм: перегрев жидкости и наличие центров парообразования, возникновение паровой фазы и образование паровых пузырей.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.4	Лек	Влияние смачиваемости стенки жидкостью. Рост, отрыв и движение пузырей пара. Минимальный радиус центра парообразования, изменение диаметра пузыря во времени, отрывной диаметр. Теплообмен между стенкой и жидкой фазой. Между жидкой и паровой фазой.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.5	Лек	Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении в большом объёме для области пузырьчатого кипения. Плёночный режим. Первая и вторая критические плотности теплового потока. Изменение теплоотдачи и температуры стенки при плёночном режиме кипения.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.6	Лек	Зависимость коэффициента теплоотдачи от давления, свойств жидкости, состояния твёрдой поверхности и других факторов при кипении в большом объёме. Расчётные зависимости для коэффициента теплоотдачи в условиях свободного движения.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

5.7	Лек	Теплообмен при кипении жидкости в трубах: характер движения парожидкостной смеси в горизонтальных и вертикальных трубах. Механизм плёночного кипения, расчётные зависимости.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.8	Пр	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
5.9	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.10	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
5.11	Контр. раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 6. Теплообмен излучением</b>						
6.1	Лек	Физика процесса передачи тепла электромагнитным излучением. Основные понятия: поток излучения, поверхностная и спектральная плотность потока излучения, интенсивность (яркость) излучения, взаимодействие тела с излучением (поглощение, отражение, пропускание), абсолютно чёрное и серое тело.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
6.2	Лек	Законы излучения абсолютно чёрного тела: закон Планка, закон Вина, закон Стефана - Больцмана. Степень черноты серого тела. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Закон Ламберта.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
6.3	Лек	Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из двух серых тел: общий случай, тел с плоскопараллельными поверхностями. Применение экранов. Особенности теплообмена излучением в поглощающих средах.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

6.4	Лаб	Определение степени черноты излучающей металлической поверхности	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.5 Э1 Э2	0	
6.5	Лаб	Исследование теплообмена излучением	4	4	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.4 Э1 Э2	0	
6.6	Пр	Теплообмен излучением	4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
6.7	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
6.8	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
6.9	Контр.раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 7. Сложный теплообмен.</b>						
7.1	Лек	Передача тепла через плоскую стенку. Распределение температуры в тонкой стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Параметры теплового потока, электрогидротепловая аналогия. Передача тепла через многослойную плоскую стенку.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
7.2	Лек	Передача тепла через цилиндрическую стенку. Распределение температур в стенке длинного цилиндра при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Анализ параметров теплового потока, приближённые формулы. Многослойная цилиндрическая стенка, критический диаметр тепловой изоляции трубы.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

7.3	Лек	Передача тепла через шаровую стенку. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения конечной и бесконечной длины. Интенсификация процесса теплопередачи, теплопередача ребристых стенок.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
7.4	Лек	Нагревание (охлаждение) пластин и цилиндров конечной толщины и диаметра, при бесконечной ширине пластины и длинах. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярный режим нагревания (охлаждения) тел: свойства температурного поля в начальный период и в регулярном режиме; темп охлаждения и определение теплофизических характеристик методом регулярного режима. Численные методы решения задач теплопроводности	4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
7.5	Пр	Определение поверхностей нагрева теплообменных аппаратов при прямо-противотоке (и с использованием ЭВМ)	4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
7.6	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
7.7	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
7.8	Контр.раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 8. Массообмен: Поток массы компонента; Вектор плотности потока массы.</b>						
8.1	Лек	Конвективный теплообмен как совокупность молекулярного и молярного переноса. Теплоотдача: в однофазных жидкостях и при фазовых превращениях, при вынужденной и естественной конвекции. Понятие о тепловом пограничном слое и связь с гидравлическим пограничным слоем.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	

8.2	Лек	Ламинарное и турбулентное течение жидкости, связь режима течения с теплообменом. Система дифференциальных уравнений неизотермического движения: уравнения теплоотдачи, энергии, движения и сплошности.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
8.3	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
8.4	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 9. Молекулярная диффузия: концентрационная диффузия, закон Фика; Термо- и бародиффузия; Массоотдача Математическое описание и аналогия процессов массо - и теплообмена</b>						
9.1	Лек	Основные положения теории массообмена. Концентрационная, термо- и бародиффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Конвективный массообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса вещества. Плотность потока массы в процессе конвективного массообмена.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
9.2	Лек	Диффузионный пограничный слой, его описание. Граничные условия на поверхности раздела фаз. Коэффициент массоотдачи. Применение теории подобия к процессам массообмена, основные числа подобия. Аналогия процессов тепло - и массообмена.	4	2	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
9.3	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
9.4	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
	Раздел	<b>Раздел 10. Тепломассообмен; теплогидравлический расчет тепло обменных аппаратов.</b>						

10.1	Лек	Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового и гидравлического расчётов теплообменников: проектный и поверочный расчёты.	4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
10.2	Лек	Порядок теплового расчёта и основные этапы: выбор теплоносителей и схемы их движения, сведение параметров движения теплоносителей к тепловому балансу, определение конечных параметров теплоносителей, среднего температурного напора, среднего коэффициента теплопередачи, параметров разделительной твёрдой поверхности. Порядок гидравлического расчёта: определение потерь на трение и в местных сопротивлениях для каждого теплоносителя, выбор необходимых мощностей для обеспечения заданных режимов течения теплоносителей.	4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
10.3	Лаб	Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе (труба в трубе)	4	6	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л3.3 Э1 Э2	0	
10.4	Пр	Порядок теплового расчёта и основные этапы	4	5	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
10.5	Пр	Основы гидравлического расчёта теплообменника	4	5	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	
10.6	Ср	Подготовка к практическим работам, контрольной работе и экзамену	4	7	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
10.7	Экзамен		4	3	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
10.8	Контр.раб		4	1	ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ОПК-4.7 ОПК-3 .2	Э1 Э2	0	

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Образовательные технологии с использованием интерактивных методов обучения (круглый стол (дискуссия))

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Текущий контроль

Текущим контролем успеваемости обучающихся является межсессионная аттестация – единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам/практикам.

Порядок проведения, содержание и особенности текущего контроля успеваемости представлены в разработанном Фонде оценочных средств для данной дисциплины.

### 6.2. Темы письменных работ

Расчет, выбор типа и конструкции поверхностного многоходового кожухотрубного теплообменника.

### 6.3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Порядок проведения, содержание и критерии оценивания итоговой промежуточной аттестации представлены в Фонде оценочных средств для данной дисциплины.

### 6.4. Перечень видов оценочных средств

Отчеты по лабораторным работам, контрольная работа, практические занятия, экзаменационные вопросы.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.	Тепломассообмен: Учеб. пособие для вузов	Москва: МЭИ, 2005	51	

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Кошкин В.К., Калинин Э.К.	Теплообменные аппараты и теплоносители (теория и расчет): учебное пособие	Москва: Машиностроени е, 1971	10	

#### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Федяева В.Н.	Промышленные теплообменные процессы и установки: Рабочая программа, методические указания, практические и контрольные задания	Братск: БрГУ, 2000	20	
Л3. 2	Федяева В.Н., Федяев А.А.	Тепломассообмен. Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре: Методические указания по выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2009	29	
Л3. 3	Федяева В.Н., Федяев А.А.	Тепломассообмен. Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе (труба в трубе): методические указания	Братск: БрГУ, 2011	125	
Л3. 4	Коваленко И.В.	Теплотехника. Исследование теплообмена излучением: методические указания по выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2011	85	
Л3. 5	Федяева В.Н., Федяев А.А.	Тепломассообмен. Определение коэффициента теплопроводности металла: методические указания по выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2012	27	

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
ЛЗ. 6	Федяева В.Н., Михолап Н.Н.	Тепломассообмен. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции воздуха: методические указания по выполнению лабораторной работы	Братск: БрГУ, 2013	69	
<b>7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"</b>					
Э1	Электронная библиотека БрГУ		http://ecat.brstu.ru/catalog		
Э2	Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»		http://e.lanbook.com		
<b>7.3.1 Перечень программного обеспечения</b>					
7.3.1.1	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level				
7.3.1.2	КОМПАС-3D V13				
<b>7.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>					
7.3.2.1	«Университетская библиотека online»				
7.3.2.2	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)				
7.3.2.3	Национальная электронная библиотека НЭБ				
7.3.2.4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU				
7.3.2.5	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»				
7.3.2.6	ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система				
<b>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>					
Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории			Вид занятия
1223	Лаборатория общей теплотехники	<p>Основное оборудование: Автоматизированный стенд-тренажёр «Автономная система отопления», Лабораторная установка для изучения процессов во влажном воздухе, Лабораторная установка для изучения теплообмена при различных режимах кипения жидкости, Лабораторная установка для изучения теплообмена излучением, Лабораторная установка для исследования теплопередачи «труба в трубе», Стенд «Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом протока», Автоматизированный компьютеры Intel(P) Celer CPU 240 GHz/228 MB –3 шт.; Intel 2.6 GHz/RAM-512Mb, Лабораторная установка для определения коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции, Лабораторная установка для определения теплоёмкости (P=const), Учебный стенд «Определение коэффициента теплопроводности металла», Стенд лабораторный, Учебно-демонстрационный комплекс «Техническая термодинамика. Тепломассообмен».</p> <p>Дополнительно: Маркерная доска - 1 шт.</p> <p>Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 14 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.</p>			Лаб
1218	Учебная аудитория	<p>Меловая доска – 1 шт.</p> <p>Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.</p>			Лек
1217	Учебная аудитория	<p>Меловая доска - 1 шт.</p> <p>Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.</p>			Экзамен
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>					
<p>Практические занятия, лабораторные работы реализуются в форме практической подготовки при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов заданий, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы</p> <p>Организация самостоятельной работы обучающихся зависит от вида учебных занятий: - лекции</p> <p>В процессе формирования конспекта лекций, обучающийся должен кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Самостоятельно осуществлять проверку терминов с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием</p>					

толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, лабораторном или практическом занятии.

- практические занятия

При подготовке к практическим занятиям обучающийся должен осуществлять работу с конспектом лекций (обобщение, систематизация, углубление и конкретизация полученных теоретических знаний), выработка способности и готовности их использования на практике. В процессе практических занятий у обучающегося формируется интеллектуальное умение, готовность к ответам на контрольные и дополнительные вопросы, навык работы с основной и дополнительной литературой, необходимой для освоения дисциплины и осуществляется выполнение заданий, решение задач, активное участие в интерактивной, активной, инновационной формах обучения, составление письменных отчетов.

- лабораторные работы

При подготовке к лабораторным работам обучающийся должен осуществлять работу с конспектом лекций (обобщение, систематизация, углубление и конкретизация полученных теоретических знаний), разработать план проведения работ и быть готовым к его реализации на практике.

- контрольная работа

При выполнении контрольной работа, обучающийся в полной мере должен работать с нормативной базой, учебной и методической литературой и другим источниками информации для обобщения, систематизации, углубления и конкретизации

полученных теоретических знаний. Обучающийся должен быть способен к применению полученных теоретических знаний и навыков на практике.

- самостоятельная работа обучающихся

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в теме/разделе. Конспектирование прочитанных литературных источников. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Выполнение заданий преподавателя, необходимых для подготовки к участию в интерактивной, активной, инновационных формах обучения по изучаемой теме.

- подготовка к экзамену

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, использовать рекомендуемые ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».