

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра теплотехники и  
гидрогазодинамики  
(ТТПД\_ТЭФ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра теплотехники и  
гидрогазодинамики (ТТПД\_ТЭФ)**

наименование кафедры

**Кулагин В.А.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕПЛОМАССОБМЕН**

Дисциплина Б1.О.18 Тепломассообмен

Направление подготовки /  
специальность

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

Год набора

очная

2021

Красноярск 2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

130000 «ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

13.03.01.31 Теплоэнергетика и теплотехника

---

Программу  
составили

к.т.н., доц., Радзюк А.Ю.

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Тепломассообмен» является обучение студентов теории процессов тепломассообмена и методам их расчета, глубокому пониманию физических особенностей рассматриваемых процессов и умению математически описать исследуемое явление.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения курса «Тепломассообмен» студент должен:

- знать 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;
- обладать компетенциями ОПК-3.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОПК-3:Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</b>
---

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина является базовой

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий

Электрооборудование промышленных предприятий

Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки

Котельные установки  
Теплоэнергетические системы и тепловые балансы  
промышленных предприятий  
Тепловые электрические станции промышленных предприятий  
Пуско-наладочные и режимно-наладочные работы на  
теплоэнергетическом оборудовании промышленных предприятий

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		5	6
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>8 (288)</b>	<b>4 (144)</b>	<b>4 (144)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>3,5 (126)</b>	<b>2 (72)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	2 (72)	1 (36)	1 (36)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	0,5 (18)	0,5 (18)	
практикумы			
лабораторные работы	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>3,5 (126)</b>	<b>2 (72)</b>	<b>1,5 (54)</b>
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		<b>1 (36)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Теплопроводность	36	18	18	72	
2	Конвективный теплообмен в однофазной среде	24	0	4	11	
3	Конвективный теплообмен при фазовых переходах	7	0	6	21	
4	Лучистый теплообмен	3	0	4	11	
5	Теплообменные аппараты	2	0	4	11	
Всего		72	18	36	126	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>Тема 1. Предмет курса. Общие понятия. Основные процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Этапы развития науки о теплообмене. Современные проблемы теплообмена.</p>	4	0	0
2	1	<p>Тема 2. Теплопроводность. Основные положения теории теплопроводности. Процесс теплопроводности с точки зрения кинетической теории вещества. Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температуры. Полное количество тепла, передаваемое путем теплопроводности. Тепловой поток, плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.</p>	4	0	0

3	1	<p>Тема 3. Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности. Оператор Лапласа. Условия однозначности процессов теплопроводности. Граничные условия первого и второго рода. Теплоотдача конвекцией и излучением. Коэффициент теплоотдачи. Граничные условия третьего рода. Граничные условия четвертого рода.</p>	4	0	0
4	1	<p>Тема 4. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях первого рода. Уравнение температурного поля в плоской неограниченной стенке при постоянном и переменном значениях коэффициента теплопроводности. Выражение для теплового потока. Теплопроводность плоской много-слойной стенки. Термическое сопротивление плоской стенки. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях третьего рода /теплопередача/. Коэффициент теплопередачи. Определение температур стенки.</p>	4	0	0

5	1	<p>Тема 5.  Теплопроводность цилиндрической стенки /трубы/ при граничных условиях первого рода.  Уравнение температурного поля в стенке трубы при постоянном и переменном значении коэффициента теплопроводности.  Выражение для теплового потока.  Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.  Термическое сопротивление трубы.  Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях третьего рода /теплопередача/.  Коэффициент теплопередачи трубы  Определение температур стенки.  Критический диаметр цилиндрической стенки.  Расчет теплоизоляции труб.</p>	4	0	0
---	---	---	---	---	---

6	1	<p>Тема 6.</p> <p>Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла.</p> <p>Теплопроводность цилиндрического стержня при наличии внутренних источников тепла.</p> <p>Теплопроводность шара при граничных условиях первого рода.</p> <p>Теплопроводность охлаждаемого стержня /ребра/ постоянного сечения.</p> <p>Теплопередача через плоскую орребренную стенку.</p>	4	0	0
7	1	<p>Тема 7.</p> <p>Теплопроводность при нестационарном режиме. Основные представления о методах решения задач тепло-проводности при нестационарном режиме.</p> <p>Нагревание /охлаждение/ неограниченной пластины в среде с постоянной температурой.</p> <p>Аналитическое решение задачи методом разделения переменных.</p> <p>Определение количества теп-ла, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности.</p> <p>Нагревание /охлаждение/ длинного цилиндра в среде с постоянной температурой.</p>	4	0	0

8	1	<p>Тема 8.  Нагревание /охлаждение/ параллелепипеда и цилиндра конечной длины. Анализ решения, частные случаи. Нестационарная теплопроводность при периодическом изменении граничных условий /тепловые волны/.</p>	4	0	0
9	1	<p>Тема 9. Регулярный режим охлаждения тел. Определение теплофизических характеристик тел методом регулярного режима. Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Методы моделирования задач теплопроводности. Метод релаксации.  Тема 9. Регулярный режим охлаждения тел. Определение теплофизических характеристик тел методом регулярного режима. Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Методы моделирования задач теплопроводности. Метод релаксации.</p>	4	0	0

10	2	<p>Тема 10. Основные положения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен как совокупность молярного и молекулярного переносов Теплоотдача. Основные случаи теплоотдачи: теплоотдача в однофазных жидкостях при вынужденной и естественной конвекции. Основные физические параметры, существенные для процессов теплопередачи и течения жидкостей. Закон вязкого трения Ньютона. Условия «прилипания» в пристенном слое. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Дифференциальное уравнение сохранения массы /сплошности/. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Дифференциальное уравнение переноса энергии в движущейся жидкости. Условия однозначности для процессов конвективного теплообмена.</p>	2	0	0
----	---	--	---	---	---

11	2	<p>Тема 11. Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничных слоях Упрощение дифференциальных уравнений переноса энергии и движения для теплового и динамического пограничных слоев. Ламинарная и турбулентная формы течения жидкости и связь с теплообменом. Пульсации скорости и температуры в турбулентном потоке. Турбулентный перенос теплоты и количества движения.</p>	4	0	0
12	2	<p>Тема 12. Основы теории подобия и моделирования. Значение теории подобия Приведение уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Основные критерии подобия и их физический смысл Общие условия подобия физических процессов. Теоремы подобия. Критерии, определяющие и определяемые, способы их нахождения. Методы анализа размерностей. Свойства подобных процессов.</p>	4	0	0

13	2	<p>Тема 13. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Факторы, обуславливающие свободное движение. Распределение температур и скоростей в движущемся слое жидкости. Характер движения жидкости вертикальной стенки. Характер движения жидкости вблизи горизонтальные труб и пластин. Результат теоретического расчета теплоотдачи при естественной конвекции. Расчетные уравнения. Методика расчета теплоотдачи при естественной конвекции в ограниченном пространстве.</p>	2	0	0
----	---	--	---	---	---

14	2	<p>Тема 14. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Гидродинамический и тепло-вой пограничные слои. Определение границ ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Интегральное уравнение теплового пограничного слоя. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Соотношение толщин гидродинамического и теплового пограничных слоев. Влияние переменности физических параметров и температуры поверхностей на теплоотдачу. Расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена. Область ее применения. Расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при одновременном наличии ламинарного и турбулентного пограничных слоев.</p>	2	0	0
----	---	--	---	---	---

15	2	<p>Тема 15. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы. Участки гидродинамической и тепловой стабилизации. Стабилизированное течение. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы течения. Аналитические методы расчета теплоотдачи при стабилизированном течении в трубах. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Расчетные уравнения. Переходный режим. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах. Теплоотдача при ооокритических соотношениях теплоносителя.</p>	2	0	0
----	---	---	---	---	---

16	2	<p>Тема 16. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб. Режимы течения в пограничном слое при поперечном омывании цилиндра и их связь с теплоотдачей. Влияние отрыва пограничного слоя. Характер изменения теплоотдачи по окружности цилиндра при различных условиях омывания. Средняя теплоотдача. Расчетные уравнения. Влияние степени турбулентности набегающего потока и угла атаки.</p> <p>Основные типы пучков труб. Ламинарное и турбулентное течение жидкости в пучках. Ламинарный, смешанный и турбулентные режимы омывания. Изменение средней по окружности труб теплоотдачи в зависимости от номера ряда. Влияние величины относительных шагов. Расчетные уравнения. Сравнение теплоотдачи шахматных и коридорных пучков. Влияние угла атаки.</p>	2	0	0
----	---	--	---	---	---

17	2	<p>Тема 17 Теплоотдача при течении газа с большой скоростью. Влияние теплоты трения и сжимаемости. Уравнение баланса энергии. Энтальпия адиабатного торможения. Температура торможения. Число Маха. Собственная температура. Коэффициент восстановления, его определение. Измерители температуры быстродвижущегося газа. Изменение температуры газа в пограничном слое. Обобщенный закон теплоотдачи. Расчет теплоотдачи при течении сжимаемого газа в трубке и вдоль плоской поверхности /пластины/ .</p>	4	0	0
----	---	--	---	---	---

18	2	<p>Тема 18. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при движении жидкотеплоносителей, факторы существенные для процессов течения и теплоотдачи. Соотношение молекулярного и молярного переноса тепла. Результаты теоретических и экспериментальных исследований. Влияние продольного потока тепла. Расчет теплопередачи. Гидравлическое сопротивление. Теплоотдача при наличии в жидкости внутренних источников тепла: распределение температур, расчет теплоотдачи.</p>	2	0	0
----	---	---	---	---	---

19	3	<p>Тема 19 Теплообмен при конденсации чистого пара. Условия возникновения, конденсации пара. Пленочная и капельная конденсации. Коэффициент конденсации. Термическое сопротивление фазового перехода. Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенках; ламинарное и турбулентное течение пленки; теоретический расчет теплоотдачи при ламинарном течении пленки; поправка на волновое движение пленки; расчет средней теплоотдачи при наличии на поверхностях ламинарной и турбулентной пленок. Влияние на теплоотдачу скорости пара.</p>	2	0	0
----	---	---	---	---	---

20	3	<p>Тема 20 Конденсация пара внутри труб. Конденсация су-хого насыщенного пара на горизонтальных трубах и пучках труб; результаты теоретического расчета теплоотдачи для одиночной трубки; характер обтекания конденсатом пучков труб, изменение теплоотдачи по рядам, влияние скорости пара и других факторов. Расчет теплоотдачи при конденсации пара па горизонтальных пучках труб. Тепло-отдача при капельной конденсации пара. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Особенности конденсации паров металлов.</p>	2	0	0
21	3	<p>Тема 21. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Условия возникновения кипения. Механизм кипения жидкости; перегрев Жидкости и наличие центров парообразования как условия паровой фазы, образование пузырей пара. Влияние смачиваемости стенки жидкостью, краевой угол.</p>	2	0	0

22	3	<p>Тема 22. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Практическое значение совместно идущих процессов тепло- и массообмена. Молекулярная и молярная диффузия, их связь с другими физическими процессами переноса. Краткие сведения о механизме процесса. Плотность потока массы. Концентрационная диффузия. Термодиффузионное отношение. Диффузионный термоэффект. Бародиффузия. Конвективный массообмен. Перенос тепла и массы молекулярным и молярным путем. Массоотдача. Закон Дальтона. Коэффициенты массоотдачи. Поток через полупроницаемую поверхность раздела фаз. Дифференциальное уравнение энергии и массообмена. Система дифференциальных уравнений, описывающая совместно проходящий процесс тепло- и массообмена. Условия однозначности.</p>	1	0	0
----	---	--	---	---	---

23	4	<p>Тема 23. Теплообмен излучением. Основные понятия и определения. Природа теплового излучения. Спектр излучения. Излучение монохроматическое и интегральное. Лучистый поток. Плотность теплового потока, Поглощательная отражательная и пропускная способности тел. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Распределение энергии в спектре черного тела: закон Планка, закон Вина. Степень черноты излучения. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана, закон Ламберта.</p>	1	0	0
----	---	---	---	---	---

24	4	<p>Тема 24. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Виды лучистых потоков: собственное излучение, падающее поглощенное излучение; их взаимная связь. Теплообмен излучением. Теплообмен излучением — замкнутой системе, состоящей из двух серых тел; общий случай; тела с плоскопараллельными поверхностями и экраном между ними; тела, из которых одно находится в полости другого. Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из трех серых тел. Анализ частных случаев. Теплообмен излучением между двумя произвольно расположенными черными телами. Взаимные поверхности и угловые коэффициенты. Понятие о графоаналитическом методе определения угловых коэффициентов. Определение угловых коэффициентов для некоторых характерных случаев взаимного расположения и формы тел. Расчет теплообмена излучением в замкнутой системе, состоящей из черных тел и отражающих поверхностей.</p>	1	0	0
----	---	--	---	---	---

25	4	<p>Тема 25. Теплообмен излучением в поглощающей среде. Поглощение. рассеивание и излучение энергии в газовых средах. Коэффициент поглощение: объемная интенсивность собственного излучения среды. Закон Бугера. Излучение и поглощение различных сред; спектры поглощения многоатомных газов, степень черноты излучения углекислоты, водяного пара, их смеси запыленных газовых сред. Эффективная длина пути лучей и способ ее определения. Расчет лучистого теплообмена между излучающей средой и поверхностью твердого тела. Коэффициент лучистого теплообмена.</p>	1	0	0
----	---	---	---	---	---

26	5	<p>Тема 26. Теплообменники. Общие сведения. Назначение теплообменников. Их классификация по принципам действия: рекуперативные, регенеративные, смешительные теплообменники. Характерные конструктивные схемы теплообменников. Основные схемы движения теплоносителей теплообменниках: прямоток, противоток, поперечный ток и комбинированные схемы. Задачи расчета теплообменников. Расчет при проектировании и проверочный расчет. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. Средний температурный напор. Определение среднего температурного напора для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока.</p>	1	0	0
----	---	---	---	---	---

27	5	Тема 27. Вычисление конечной температуры теплоносителей. Интенсификации процессов теплопередачи. Методы тепловой защиты. Гидравлические местные сопротивления. Затраты напора, обусловленные ускорением потока и преодолением гидростатического давления столба жидкости. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя.	1	0	0
Всего			72	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Теплопроводность. Основные положения теории теплопроводности. Процесс теплопроводности с точки зрения кинетической теории вещества. Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температуры. Полное количество тепла, передаваемое путем теплопроводности. Тепловой поток, плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.	3	0	0

2	1	<p>Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности. Оператор Лапласа. Условия однозначности процессов теплопроводности. Граничные условия первого и второго рода. Теплоотдача конвекцией и излучением. Коэффициент теплоотдачи. Граничные условия третьего рода. Граничные условия четвертого рода.</p>	3	0	0
3	1	<p>теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях первого рода. Уравнение температурного поля в плоской неограниченной стенке при постоянном и переменном значениях коэффициента теплопроводности. Выражение для теплового потока. Теплопроводность плоской много-слойной стенки. Термическое сопротивление плоской стенки. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях третьего рода /теплопередача/. Коэффициент теплопередачи. Определение температур стенки.</p>	2	0	0

4	1	<p>Теплопроводность цилиндрической стенки /трубы/ при граничных условиях первого рода. Уравнение температурного поля в стенке трубы при постоянном и переменном значении коэффициента теплопроводности. Выражение для теплового потока. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Термическое сопротивление трубы. Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях третьего рода /теплопередача/. Коэффициент теплопередачи трубы. Определение температур стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки. Расчет теплоизоляции труб.</p>	2	0	0
5	1	<p>Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность цилиндрического стержня при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность шара при граничных условиях первого рода. Теплопроводность охлаждаемого стержня /ребра/ постоянного сечения. Теплопередача через плоскую ребренную стенку.</p>	2	0	0

6	1	<p>Теплопроводность при нестационарном режиме. Основные представления о методах решения задач тепло-проводности при нестационарном режиме. Нагревание /охлаждение/ неограниченной пластины в среде с постоянной температурой.</p> <p>Аналитическое решение задачи метода разделения переменных. Определение количества тепла, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности.</p> <p>Нагревание /охлаждение/ длинного цилиндра в среде с постоянной температурой.</p>	2	0	0
7	1	<p>Нагревание /охлаждение/ параллелепипеда и цилиндра конечной длины. Анализ решения, частные случаи. Нестационарная теплопроводность при периодическом изменении граничных условий /тепловые волны/.</p>	2	0	0

8	1	Регулярный режим охлаждения тел. Определение теплофизических характеристик тел методом регулярного режима. Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Методы моделирования задач теплопроводности. Метод релаксации. Тема 9. Регулярный режим охлаждения тел. Определение теплофизических характеристик тел методом регулярного режима. Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Методы моделирования задач теплопроводности. Метод релаксации.	2	0	0
Итого			18	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Лабораторная работа 1. Определение коэффициента теплопроводности металла методом Кольрауша	4	0	0
2	1	Лабораторная работа 2. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя	4	0	0
3	1	Лабораторная работа 3. Определение коэффициента температуропроводности твердых тел методом регулярного режима	5	0	0

4	1	Лабораторная работа 4. Определение коэффициента теп-лоотдачи методом регулярного режима Цель работы: Установка предназначена эксперименталь-ного определения коэффициента теплоотдачи при мед-ленном нагревании (охлаждении) металлических цилин-дрических образцов в воздушном термостате.	5	0	0
5	2	Лабораторная работа 5. Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции воздуха на обтекаемом цилиндре	2	0	0
6	2	Лабораторная работа 6. Исследование теплопередачи при вынужденном течение жидкости в трубах круглого сечения при ее охлаждении в условиях естественной конвекции	2	0	0
7	3	Лабораторная работа 7 Изучение теплообмена при различных режимах кипения жидкости	1	0	0
8	3	Лабораторная работа 8. Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости	1	0	0
9	3	Лабораторная работа 9 Определение коэффициента диф-фузии воздуха через мелкопористые керамические перегородки	1	0	0

10	3	<p>Занятие 2 Конденсация пара внутри труб. Конденсация сухого насыщенного пара на горизонтальных трубах и пучках труб; результаты теоретического расчета теплоотдачи для одиночной трубки; характер обтекания конденсатом пучков труб, изменение теплоотдачи по рядам, влияние скорости пара и других факторов. Расчет теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных пучках труб. Теплоотдача при капельной конденсации пара и т. д</p>	1	0	0
11	3	<p>Занятие 1. Тепломассообмен при фазовых переходах  Темы: Теплообмен при конденсации чистого пара. Условия возникновения, конденсации пара. Пленочная и капельная конденсации. Коэффициент конденсации. Термическое сопротивление фазового перехода. Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенках; ламинарное и турбулентное течение пленки; теоретический расчет теплоотдачи при ламинарном течении пленки; поправка на волновое движение пленки; расчет средней теплоотдачи при наличии на поверхностях ламинарной и турбулентной пленок. Влияние на теплоотдачу скорости пара.</p>	1	0	0

12	3	<p>Занятие 3. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Условия возникновения кипения. Механизм кипения жидкости; перегрев Жидкости и наличие центров парообразования как условия паровой фазы, образование пузырей пара. Влияние смачиваемости стенки жидко-стью, краевой угол и т.д.</p>	1	0	0
13	4	<p>Лабораторная работа 11. Определение интегрального ко-эффициента излучения тонкой проволоки Цель работы. Установка предназначена эксперименталь-ного определения интегрального коэффициента излучения тонкой вольфрамовой проволоки нагретой электрическим током в интервале температур от 200 до 1200 оС. В работе измеряется электрическая мощность, подводимая к воль-фрамовой нити, температура нити, температура воды в термостатирующей оболочке</p>	1	0	0

14	4	<p>Занятие 4. Законы излучения абсолютно черного тела. Теплообмен излучением между телами  Темы: Теплообмен излучением. Основные понятия и определения.  Природа теплового излучения. Спектр излучения. Излучение монохроматическое и интегральное.  Лучистый поток. Плотность теплового потока, Поглощательная отражательная и пропускная способности тел. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения.  Распределение энергии в спектре черного тела: закон Планка, закон Ви-на.  Степень черноты излучения. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана, закон Ламберта.</p>	1	0	0
----	---	---	---	---	---

15	4	<p>.Занятие 5 Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из двух серых тел; общий случай; тела с плоскопараллельными поверхностями и экраном между ними; тела, из которых одно находится в полости другого. Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из трех серых тел. Анализ частных случаев. Теплообмен излучением между двумя произвольно расположенными черными телами. Взаимные поверхности и угловые коэффициенты. Понятие о графоаналитическом методе определения угловых коэффициентов. Определение угловых коэффициентов для некоторых характерных случаев взаимного расположения и формы тел. Расчет теплообмена излучением в замкнутой системе, состоящей из черных тел и отражающих поверхностей.</p>	1	0	0
----	---	--	---	---	---

16	4	<p>Занятие 6 Теплообмен излучением в поглощающей среде. Поглощение. рассеивание и излучение энергии в газовых средах. Коэффициент поглощение: объемная интенсивность собственного излучения среды. Закон Бугера. Излучение и поглощение различных сред; спектры поглощения многоатомных газон, степень черноты излучения углекислоты, водяного пара, их смеси запыленных газовых сред. Эффективная длина пути лучей и способ ее определения. Расчет лучистого теплообмена между излучающей средой и поверхностью твердого тела. Коэффициент лучистого теплообмена. Сложный теплообмен. Совместный перенос тепла конвекцией и излучением. Суммарный коэффициент теплоотдачи.</p>	1	0	0
17	5	<p>Лабораторная работа 12. Определение коэффициента теп-лопередачи в пластинчатом теплообменнике Цель работы. В эксперименте определяется коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике при вынужденном течении жидкости в каналах, образованными профильными пластинами.</p>	2	0	0

18	5	<p>Занятие 7 Конструктивный и поверочный рас-чет теплообменных аппаратов  Темы: Теплообменники.  Общие сведения.  Назначение теплообменников. Их классифика-ция по принципам действия: рекуперативные, регенеративные к смесительные теплообменни-ки.  Характерные конструктивные схемы тепло-обменников.  Основные схемы движения тепло-носителей теплообменниках: прямоток, проти-воток, поперечный ток и комбинированные схемы. Задачи расчета теплообменников. Расчет при проектировании и поверочный расчет.  Основы теплового и гидравлического расчета теплообменников.  Уравнение теплового баланса</p>	2	0	0
			26	0	0

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Видин Ю. В., Колосов В. В., Федюкович А. К.	Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие	Красноярск: ИПК СФУ, 2008

Л1.2	Видин Ю. В., Казаков Р. В., Колосов В. В	Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 140100 "Теплоэнергетика и теплотехника"	Красноярск: СФУ, 2015
<b>6.2. Дополнительная литература</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Видин Ю. В., Бойков Г. П., Колосов В. В., Ромащенко А. С.	Краткий справочник по тепломассообмену	Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Видин Ю. В., Иванов В. В., Казаков Р. В.	Инженерные методы расчета задач теплообмена: монография	Красноярск: СФУ, 2014
Л3.2	Видин Ю. В., Злобин В. С., Иванов В. В., Медведев Г. Г.	Инженерные методы расчета задач нелинейного теплообмена при ламинарном течении жидкости в каналах: монография	Красноярск: СФУ, 2015

## **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Электронная научная библиотека СФУ	<a href="http://bik.sfu-kras.ru/">http://bik.sfu-kras.ru/</a>
----	------------------------------------	---

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Самостоятельная работа студентов регламентируется графиком учебного процесса и самостоятельной работы. По данной дисциплине учебным планом предусмотрена самостоятельная работа – на изучение разделов теоретического цикла, решение индивидуальных задач,

подготовку и защите лабораторных работ. Для реализации самостоятельной работы по перечисленным позициям необходимо изучить приведенные учебно-методические материалы по дисциплине.

Итоговый экзамен по дисциплине есть результат выполнения всех заданий, защит лабораторных работ, а также посещения аудиторных занятий.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	Наличие комплекта программного обеспечения, в состав которого входят программы Microsoft Office
-------	---

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	оступ к информационно- образовательной среде СФУ для возможности просмотра учебных планов, рабочих программ дисциплин,
9.2.2	учебно-методической литературы.Электронно-библиотечная система обеспечивает необходимый доступ обучающихся к современным базам данных и ЭОР СФУ.

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Аудитория с интерактивной доской. Лабораторные стенды