

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.22 Тепломассообмен

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль)

13.03.01.03 Промышленная теплоэнергетика

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

к.т.н., доц., Радзюк А.Ю.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины: 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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	
ОПК-3.1: Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов	
ОПК-3.2: Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики	
ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	

ОПК-4.3: Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	
ОПК-4.6: Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	
ОПК-4.7: Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	
ОПК-5: Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок	
ОПК-5.1: Использует знания о зависимости теплофизических свойств материалов от температуры	

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: .

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
Контактная работа с преподавателем:	3,5 (126)		
занятия лекционного типа	2 (72)		
практические занятия	1 (36)		
лабораторные работы	0,5 (18)		
Самостоятельная работа обучающихся:	3,5 (126)		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
Промежуточная аттестация (Экзамен)	2 (72)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Теплопроводность									
	1. Тема 1. Предмет курса. Общие понятия. Основные процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Этапы развития науки о теплообмене. Современные проблемы теплообмена.	4							
	2. 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.	4							

<p>3. 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>			3					
<p>4. 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							
<p>5. 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					

<p>6. 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							
<p>7. 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					

<p>8. Тема 5. Теплопроводность цилиндрической стенки /трубы/ при граничных условиях первого рода. Уравнение темпе-ратурного поля в стенке трубы при постоянном и перемен-ном значении коэффициента теплопроводности. Выраже-ние для теплового потока. Теплопроводность многослой-ной 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 теп-лоизоляции труб.</p>	4							
<p>9. Теплопроводность цилиндрической стенки /трубы/ при граничных условиях первого рода. Уравнение темпе-ратурного поля в стенке трубы при постоянном и перемен-ном значении коэффициента теплопроводности. Выраже-ние для теплового потока. Теплопроводность многослой-ной 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 теп-лоизоляции труб.</p>			2					

<p>10. Тема 6. Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность цилин-дрического стержня при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность шара при граничных условиях первого рода. Теплопроводность охлаждаемого стержня /ребра/ постоянного сечения. Теплопередача через плоскую оребренную стенку.</p>	4							
<p>11. Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность цилин-дрического стержня при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность шара при граничных условиях первого рода. Теплопроводность охлаждаемого стержня /ребра/ постоянного сечения. Теплопередача через плоскую оребренную стенку.</p>			2					
<p>12. Тема 7. Теплопроводность при нестационарном режиме. Основные представления о методах решения задач тепло-проводности при нестационарном режиме. Нагревание /охлаждение/ неограниченной пластины в среде с постоян-ной температурой. Аналитическое решение задачи мето-дом разделения переменных. Определение количества теп-ла, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности. Нагревание /охлаждение/ длинного цилиндра в среде с по-стоянной температурой.</p>	4							

<p>13. Теплопроводность при нестационарном режиме. Основные представления о методах решения задач тепло-проводности при нестационарном режиме. Нагревание /охлаждение/ неограниченной пластины в среде с постоянной температурой. Аналитическое решение задачи методом разделения переменных. Определение количества теп-ла, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности. Нагревание /охлаждение/ длинного цилиндра в среде с постоянной температурой.</p>			2					
<p>14. Тема 8. Нагревание /охлаждение/ параллелепипеда и цилиндра конечной длины. Анализ решения, частные случаи. Нестационарная теплопроводность при периодическом изменении граничных условий /тепловые волны/.</p>	4							
<p>15. Нагревание /охлаждение/ параллелепипеда и цилиндра конечной длины. Анализ решения, частные случаи. Нестационарная теплопроводность при периодическом изменении граничных условий /тепловые волны/.</p>			2					

<p>16. 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> <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.</p>	4							
<p>17. Регулярный режим охлаждения тел. Определение теплофизических характеристик тел методом регулярного режима. Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Методы моделирования задач теплопроводности. Метод релаксации.</p> <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.</p>			2					
<p>18. Лабораторная работа 1. Определение коэффициента теплопроводности металла методом Кольрауша</p>					4			
<p>19. Лабораторная работа 2. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя</p>					4			

20. Лабораторная работа 3. Определение коэффициента температуропроводности твердых тел методом регулярного режима					5			
21. Лабораторная работа 4. Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима Цель работы: Установка предназначена экспериментального определения коэффициента теплоотдачи при медленном нагревании (охлаждении) металлических цилиндрических образцов в воздушном термостате.					5			
22. самостоятельное изучение теоретического материала							72	
2. Конвективный теплообмен в однофазной среде								
1. Тема 10. Основные положения конвективного теплообмена. Конвективный теплообмен как совокупность молярно-го 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.	2							

<p>2. 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							
<p>3. 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							
<p>4. 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 горизонтальных груб и пластин. Результат теоретического расчета теплоотдачи при естественной конвекции. Расчетные уравнения. Методика расчета теплоотдачи при естественной конвекции в ограниченном пространстве.</p>	2							

<p>5. Тема 14. Теплоотдача при вынужденном продольном омы-вании плоской поверхности. Гидродинамический и тепло-вой пограничные слои. Определение границ ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Интегральное урав-нение теплового пограничного слоя. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Соотно-шение толщин гидродинамического и теплового погра-ничных слоев. Влияние переменности физических пара-метров и температуры поверхностей на теплоотдачу Расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена. Об-ласть ее применения. Расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при одновременном наличии лами-нарного и турбулентного пограничных слоев.</p>	2							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>6. 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.</p> <p>Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Расчетные уравнения.</p> <p>Переходный режим.</p> <p>Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах. Теплоотдача при околокритических соотношениях теплоносителя.</p>	2							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>7. 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. 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							
<p>8. 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 быстро движущегося 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							

9. Тема 18. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при движении жидкоме-таллических теплоносителей, факторы существенные для процессов течения и теплоотдачи. Соотношение молеку-лярного и молярного переноса тепла. Результаты теоретических и экспериментальных исследо-ваний. Влияние продольного потока тепла. Расчет тепло-передачи. Гидравлическое сопротивление. Теплоотдача при наличии в жидкости внутренних источ-ников тепла: распределение температур, расчет теплоотда-чи.	2							
10. 5. Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции воздуха на обтекаемом цилиндре			2					
11. 6. Исследование теплопередачи при вынужденном течение жидкости в трубах круглого сечения при ее охлаждении в условиях естественной конвекции			2					
12. самостоятельное изучение теоретического материала							11	
3. Конвективный теплообмен при фазовых переходах								

<p>1. 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							
<p>2. Тема 20 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. Тепло-отдача при капельной конденсации пара. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Особенности конденсации паров металлов.</p>	2							
<p>3. 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							

<p>4. 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.</p> <p>Концентрационная диффузия. Термодиффузионное отношение. Диффузионный термоэффект.</p> <p>Бародиффузия.</p> <p>Конвективный массообмен. Перенос тепла и массы молекулярным и молярным путем. Массоотдача. Закон Дальтона. Коэффициенты массоотдачи. Поток через полупроницаемую поверхность раздела фаз.</p> <p>Дифференциальное уравнение энергии и массообмена. Система дифференциальных уравнений, описывающая совместно проходящий процесс тепло- и массообмена. Условия однозначности.</p>	1							
5. 7. Изучение теплообмена при различных режимах кипения жидкости			1					
6. 8. Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости			1					
7. 9. Определение коэффициента диффузии воздуха через мелкопористые керамические перегородки			1					
8. самостоятельное изучение теоретического материала							21	

<p>9. 10. 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					
<p>10. 11. 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					
<p>11. 12. 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 и т.д.</p>			1					
4. Лучистый теплообмен								

<p>1. 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							
<p>2. 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							

<p>3. Тема 25. Теплообмен излучением в поглощающей среде. Поглощение, рассеивание и излучение энергии в газовых средах. Коэффициент поглощения: 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							
<p>4. 13. Определение интегрального ко-эффициента излучения тонкой проволоки Цель работы. Установка предназначена экспериментального 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 вольфрамовой нити, температура нити, температура воды в термостатирующей оболочке</p>			1					

<p>5. 14. 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					
<p>6. 15. 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					

<p>7. 16. Теплообмен излучением в поглощающей среде. Поглощение, рассеивание и излучение энергии в газовых средах. Коэффициент поглощения: 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.</p> <p>Эффективная длина пути лучей и способ ее определения. Расчет лучистого теплообмена между излучающей средой и поверхностью твердого тела. Коэффициент лучистого теплообмена.</p> <p>Сложный теплообмен. Совместный перенос тепла конвекцией и излучением. Суммарный коэффициент теплоотдачи.</p>			1					
<p>8. самостоятельное изучение теоретического материала</p>							11	
<p>5. Теплообменные аппараты</p>								

<p>1. Тема 26. Теплообменники. Общие сведения. Назначение теплообменников. Их классификация по принципам действия: рекуперативные, регенеративные и смешанные теплообменники. Характерные конструктивные схемы теплообменников. Основные схемы движения теплоносителей теплообменниках: прямоток, противоток, поперечный ток и комбинированные схемы. Задачи расчета теплообменников. Расчет при проектировании и поверочный расчет.</p> <p>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							
<p>2. 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.</p>	1							
<p>3. 17. Определение коэффициента теплопередачи в пластинчатом теплообменнике</p> <p>Цель работы. В эксперименте определяется коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике при вынужденном течении жидкости в каналах, образованными профильными пластинами.</p>			2					

4. 18. Конструктивный и поверочный расчет теплообменных аппаратов Темы: Теплообменники. Общие сведения. Назначение теплообменников. Их классификация по принципам действия: рекуперативные, регенеративные к смешительные теплообменники. 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			2					
5. самостоятельное изучение теоретического материала							11	
6.								
Всего	72		36		18		126	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Видин Ю. В., Колосов В. В., Федюкович А. К. Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие(Красноярск: ИПК СФУ).
2. Видин Ю. В., Казаков Р. В., Колосов В. В Теоретические основы теплотехники. Теплообмен: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 140100 "Теплоэнергетика и теплотехника"(Красноярск: СФУ).
3. Видин Ю. В., Бойков Г. П., Колосов В. В., Ромащенко А. С. Краткий справочник по теплообмену(Красноярск: ИПЦ СФУ).
4. Видин Ю. В., Иванов В. В., Казаков Р. В. Инженерные методы расчета задач теплообмена: монография(Красноярск: СФУ).
5. 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).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Наличие комплекта программного обеспечения, в состав которого входят программы Microsoft Office

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

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

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Аудитория с интерактивной доской. Лабораторные стенды