

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технических системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технических системы»
«22» января 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Тепломассообмен»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с направленностью (профилем)
" Теплогазоснабжение и вентиляция "

Форма(ы) обучения: *очная, заочная, заочная сокращенная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-06-20

Тула 2020 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик:

Солодков С.А. доцент, к.т.н.,
(*ФИО, должность, ученая степень, ученое звание*)



(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов знаний основных законов тепломассообмена и навыков расчета тепломассообменных процессов.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

изучение теоретических основ и приобретение практических навыков использования разделов:

- законов переноса тепловой энергии и массы вещества; процессов теплопроводности, конвекции, излучения, сложного теплообмена и теплопередачи;
- основ теории подобия как метода проведения экспериментальных исследований;
- способов расчета величин, определяющих интенсивность процессов переноса,
- методик расчета тепло- массообменных аппаратов;
- теплотехнического расчета элементов строительных конструкций и оборудования систем ТГВ.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается в 4 семестре.

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

1) основные понятия и законы процессов теплопроводности, конвекции, излучения, сложного теплообмена и теплопередачи. Основы теории подобия. (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1).

Уметь:

1) рассчитывать процессы тепломассообмена, рассчитывать и подбирать теплообменное оборудование (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.2).

Владеть:

1) навыками расчета тепло- и массообменных процессов, теплообменного оборудования (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.3).

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
4	Э, КП	4	144	32	32			4,5	0,5	75
Итого	–	4	144	32	32			4,5	0,5	75
Заочная форма обучения										
4	ДЗ, КП	4	144	4	10			4,5	0,5	125
Итого	–	4	144	4	10			4,5	0,5	125

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<i>4 семестр</i>	
1.	1. Перенос тепловой энергии 1.1 Элементарные способы переноса, их взаимодействие в реальных процессах 1.2 Характерные задачи в системах теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ).

№ п/п	Темы лекционных занятий
2.	<p>2. Теплопроводность</p> <p>2.1 Содержание и физическая модель процесса. Температурное поле. Градиент температур. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности: особенности его изменения для жидкостей, газов, твердых тел.</p> <p>2.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия</p> <p>2.3 Математическое моделирование процессов стационарной теплопроводности Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях первого рода: многослойная стенка, термическое сопротивление теплопроводности. Теплопроводность цилиндрической одно- и многослойной стенки.</p> <p>2.4 Нестационарная теплопроводность Охлаждение (нагревание) пластины, Охлаждение (нагревание) цилиндра, Регулярный режим. Нестационарное температурное поле при переменной температуре окружающей среды.</p>
3.	<p>3. Конвективный теплообмен</p> <p>3.1 Конвективный перенос теплоты, формула Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, основные определяющие факторы, влияние теплофизических свойств жидкости.</p> <p>3.2. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена</p> <p>3.3. Основы теории подобия. Теоремы подобия Числа подобия, уравнения подобия. Свободная и вынужденная конвекция. Гидродинамические режимы течения, физический смысл числа Рейнольдса</p> <p>3.4. Теория пограничного слоя. Течение жидкости в каналах Механизм переноса тепла в пограничном слое; физический смысл числа Пекле, Прандтля; турбулентный перенос и аналогия Рейнольдса.</p> <p>3.5. Уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи Теплообмен при течении жидкости в трубах и каналах, гидродинамические условия процесса; теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения. Теплоотдача при естественной конвекции; теплоотдача в ограниченном пространстве Теплоотдача при поперечном обтекании труб; одиночные трубы, пучки труб. Теплоотдача через ребристую стенку</p>
4.	<p>4. Теплообмен при фазовых превращениях.</p> <p>4.1. Теплоотдача при конденсации пара Определение и классификация процессов конденсации. Теплообмен при конденсации чистых паров. Термодинамические условия протекания процесса, пленочная и капельная конденсация, связь расхода конденсата и теплового потока на стенке. Конденсация движущегося пара на одиночной трубе. Конденсация движущегося пара на горизонтальном пучке труб.</p> <p>4.2. Описание процесса кипения жидкости Условия зарождения паровой фазы. в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности. Динамика паровых пузырьков при кипении. «Кривая кипения»</p>
5.	<p>5. Тепловое излучение.</p> <p>Понятие о тепловом излучении, интенсивность излучения. Законы излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана. Степень черноты газообразных сред. Угловые коэффициенты излучения, методы их определения. Уравнения переноса лучистой энергии. Сложный и радиационно-конвективный теплообмен, физический смысл числа Больцмана и числа Кирпичева.</p>

№ п/п	Темы лекционных занятий
6.	<p>6. Теплопередача</p> <p>6.1. теплопередача через плоские и цилиндрические стенки Коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи Коэффициент теплопередачи через плоскую и круглую, одно- и многослойную стенки. Линейный коэффициент теплопередачи.</p> <p>6.2. Теплопередача через ребристые поверхности. Теплопередача через стенки с односторонним и двухсторонним оребрением.</p>
7.	<p>7. Расчеты теплообменных аппаратов</p> <p>7.1. Теплообменные аппараты. Классификация, конструкция трубчатых и пластинчатых ТА. Основы теплотехнического расчета. Средний логарифмический температурный напор.</p> <p>7.2. Основы методики расчета ТА. Методики конструкторского и поверочного расчетов теплообменников. Определение конечных температур теплоносителей. Методика расчета теплообменников на основе понятия коэффициента эффективности теплообмена и числа единиц теплопереноса. Основы расчета теплообменников регенеративного типа.</p> <p>7.3 Системы теплообменных аппаратов Системы теплообменных аппаратов; коэффициенты эффективности ТА, соединенных по последовательной и параллельной схемам, системы ТА с промежуточным теплоносителем.</p>
8.	<p>8. Массообменные процессы и аппараты</p> <p>8.1 Массопередача. Фазовое равновесие. Закон Генри Линии равновесия и рабочая. Концентрации переносимого вещества в газовой и жидкой фазе. Закон Фика.</p> <p>8.2 Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Средняя движущая сила массопереноса. Особенности массопереноса между воздухом и водой Подобие процессов тепло- и массообмена. Уравнения Льюиса и Меркеля. Процессы тепловлажностного изменения состояния воздуха на h-d диаграмме</p>

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<i>4 семестр</i>	
1	Обзорная лекция по целям и задачам дисциплины, тематике практических занятий и курсовом проекте
2	Обзорная лекция по темам: Теплопроводность; Конвективный теплообмен; Тепловое излучение.

4.3 Содержание практических занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических занятий
<i>4 семестр</i>	
1	Теплопроводность и теплопередача через плоские стенки
2	Теплопроводность и теплопередача через многослойные плоские стенки

№ п/п	Темы практических занятий
3	Теплопроводность и теплопередача через цилиндрические стенки
4	Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты
5	Теплопроводность в ребре постоянного поперечного сечения
6	Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины
7	Охлаждение (нагревание) тел цилиндрической и сферической формы
8	Теплопроводность при нестационарном (периодическом) изменении температуры тела
9	Теплоотдача при вынужденном турбулентном движении жидкости вдоль плоской поверхности
10	Теплоотдача при турбулентном режиме движения жидкости в трубе
11	Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб
12	Теплоотдача при свободном движении жидкости
13	Теплообмен при конденсации пара на вертикальной поверхности
14	Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме и при кипении жидкости, движущейся в трубе
15	Лучистый теплообмен
16	Элементы теплового расчета теплообменного аппарата

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы практических занятий
<i>4 семестр</i>	
1	Теплопроводность и теплопередача через плоские стенки
2	Теплопроводность и теплопередача через цилиндрические стенки
3	Теплоотдача при турбулентном режиме движения жидкости в трубе
4	Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучка труб
5	Элементы теплового расчета теплообменного аппарата

4.4 Содержание лабораторных работ

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>4 семестр</i>	
1	Выполнение курсового проекта
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

Заочная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>4 семестр</i>	
1	Выполнение курсового проекта
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося		Максимальное количество баллов	
<i>4 семестр</i>			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Контрольная работа №1	20
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Контрольная работа №2	20
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Экзамен	40 (100*)	
	Защита курсового проекта	100	

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Заочная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося		Максимальное количество баллов
<i>4 семестр</i>		
Текущий контроль успеваемости	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
	<i>Посещение лекционных занятий</i>	30
	<i>Работа на практических (семинарских) занятиях</i>	30
	Итого	60
	Промежуточная аттестация	экзамен
Защита курсового проекта		100

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Стобалльная система оценивания	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется аудитория оснащенная видеопроектором, компьютером (ноутбуком) и настенным или переносным экраном

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

7.1 Основная литература

1. Брюханов О.Н., Теплообмен: учеб. пособие для вузов / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: АСВ, 2012. - 460 с. : ил. - Библиогр.: с. 432-436. - ISBN 5-93093-383-9 / в пер. / : 288.00.

2. Дерюгин, В. В. Теплообмен : учебное пособие / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. - СПб.: СПбГУ, 2016. - 144 с. : ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 978-5-9227-0690-2

7.2 Дополнительная литература

1. Теория теплообмена: учебник для вузов / С.И. Исаев [и др.]; под ред. А.И. Леонтьева. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. - 683 с. : ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN / В пер. / : 41.00.

2. Теплотехника: Учебник для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; Под ред. В.Н. Луканина. - 4-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2003. - 671 с. : ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-06-003958-7 / в пер. / : 108.68.

3. Купленов Н.И. Расчеты пластинчатых водонагревателей / Н. И. Купленов, В. М. Степанов, А. А. Кирюхин ; ТулГУ ; под ред. В. М. Степанова. — Тула, 2000. — 119 с. : ил. — в дар от автора Купленова Н.И. SPSPU : 1293827. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7679-0285-2 : 50.00.

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

1. Электронный читальный зал «БИБЛИОТЕХ» : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам. - Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю. - Загл. С экрана
2. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю. - Загл. с экрана

3. Научная Электронная Библиотека *eLibrary* – библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана.
4. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/>, свободный.- Загл. с экрана.
5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru.> - Загл. с экрана.

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Пакет офисных приложений «МойОфис»

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы не требуются