

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



Г.П. Старинов

04 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория тепло- и массообмена


Направление подготовки	13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"
Направленность (профиль) образовательной программы	Тепловые электрические станции
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	заочная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	5

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, Курсовой проект	ТЭУ


Комсомольск-на-Амуре 2019

Разработчик рабочей программы
зав. кафедрой «ТЭУ», к.т.н., доцент



_____ А.В. Смирнов
« 01 » _____ 04 _____ 2019г.

СОГЛАСОВАНО


Директор библиотеки


_____ И.А. Романовская
« 02 » _____ 04 _____ 2019г.


Заведующий кафедрой
(обеспечивающей) «ТЭУ»


_____ А.В. Смирнов
« 03 » _____ 04 _____ 2019г.


Заведующий кафедрой
(выпускающей) «ТЭУ»


_____ А.В. Смирнов
« 03 » _____ 04 _____ 2019г.

Декан факультета энергетики,
транспорта и морских технологий


_____ А.В. Космынин
« 04 » _____ 04 _____ 2019г.

Начальник учебно-методического
управления


_____ Е.Е. Поздеева
« 05 » _____ 04 _____ 2019г.

1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Теория тепло- и массообмена» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №143 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Тепловые электрические станции» по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника".

Практическая подготовка реализуется на основе профессионального стандарта 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 607н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 07.10.2015 г., регистрационный № 39215).

Задачи дисциплины	В результате изучения дисциплины студент должен: <i>знать:</i> виды теплообмена и принципы распространения теплоты, законы, описывающие различные виды теплообмена, способы и методики расчета процессов теплообмена, принципы массообмена, общие сведения о теплообменных аппаратах; <i>владеть навыками:</i> выполнения расчетов процессов теплопроводности, конвективного теплообмена и излучения.
Основные разделы / темы дисциплины	Теплообмен. Основные понятия и определения. Теплопроводность. Теплопроводность в стенках. Конвективный теплообмен, основные понятия и определения. Основы теории подобия. Теплопередача через стенки. Теплоотдача при вынужденном течении теплоносителя. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача при поперечном обтекании труб. Теплоотдача при фазовых превращениях. Теплообмен излучением. Массообмен. Теплообменные аппараты. Основы рационального использования энергии и энергоресурсов

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Теория тепло- и массообмена» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-3. Способен демонстрировать применение основ-	ОПК-3.1. Знает основные законы движения жидкости и газа, основы гидрога-	Знать виды теплообмена и принципы распространения теплоты, законы, описывающие

КодпоФГОС	Индикаторыдостижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	<p>зодинамики, основные законы термодинамики и термодинамические соотношения ОПК-3.2.</p> <p>Умеет проводить расчеты теплотехнических установок и систем, термодинамических процессов, циклов и их показателей ОПК-3.3.</p> <p>Владеет навыками применения теоретических знаний для решения практических задач получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p>различные виды теплообмена, способы и методики расчета процессов теплообмена, принципы массообмена, общие сведения о теплообменных аппаратах</p> <p>Уметь определять параметры процессов теплообмена в различных системах</p> <p>Владеть навыком выполнения расчетов процессов теплопроводности, конвективного теплообмена и излучения</p>

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория тепло- и массообмена» изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин: «Техническая термодинамика», «Гидрогазодинамика».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теория тепло- и массообмена», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Котельные установки и парогенераторы», «Турбины тепловых и атомных электрических станций», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций».

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	20
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации пе-	8

Объем дисциплины	Всего академических часов
дагогическими работниками)	
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	12
из них часов практической подготовки	4
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	115
Промежуточная аттестация обучающихся–Экзамен, Курсовой проект	9

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам(разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Тема Введение: <i>введение в теорию теплообмена; виды теплообмена; основные понятия и определения.</i>	0,25			5
Тема Теплопроводность: <i>основной закон теплопроводности; закон Фурье; коэффициент теплопроводности и факторы на него влияющие.</i>	0,25			5
Тема Теплопроводность в стенках: <i>процесс теплопроводности в плоских одно- и многослойных стенках; процесс теплопроводности в цилиндрических одно- и многослойных стенках; теплопроводность тел с внутренним источником теплоты.</i>	0,5			5
Тема	0,25			5

<p>Конвективный теплообмен, основные понятия и определения: <i>конвективный теплообмен; свободное и вынужденное движение; режимы течения жидкости, критерий Рейнольдса; естественная и искусственная турбулентность; вязкий подслой (пограничный слой); дифференциальное уравнение сплошности или неразрывности; закон Ньютона-Рихмана; коэффициент теплоотдачи; локальный и средний коэффициенты теплоотдачи; факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи.</i></p>				
<p>Тема Основы теории подобия: <i>основы теории подобия физических явлений; подобие процессов конвективного теплообмена; критерии подобия; вычисление коэффициентов теплоотдачи.</i></p>	0,25			5
<p>Тема Теплопередача через стенки: <i>теплопередача между плоской стенкой и жидкостью; теплопередача через плоскую однослойную стенку, коэффициент теплопередачи; теплопередача через плоскую многослойную стенку; теплоотдача между цилиндрической стенкой и жидкостью; теплопередача через одно- и многослойные цилиндрические стенки; термическое сопротивление; условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов, критический диаметр тепловой изоляции.</i></p>	0,5			5
<p>Тема Теплоотдача при вынужденном течении теплоносителя: <i>теплоотдача при обтекании плоской поверхности: гидродинамические условия развития процесса, теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах, тепловой и динамический пограничные слои; теплоотдача при течении жидкости в трубах: гидродинамические условия развития процесса, распределение скоростей при ламинарном и турбу-</i></p>	0,5			5

<i>лентном режимах, длина гидродинамической стабилизации потока, среднелогарифмический температурный напор, изменение температурного напора вдоль трубы при охлаждении и нагреве жидкости; теплоотдача при турбулентном режиме, эквивалентный диаметр канала, расчет теплоотдачи в изогнутых трубах.</i>				
Тема Теплоотдача при свободной конвекции: <i>теплоотдача в неограниченном пространстве, теплоотдача в ограниченном пространстве.</i>				5
Тема Теплоотдача при поперечном обтекании труб: <i>теплоотдача при поперечном обтекании одиночных труб; теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб.</i>	0,5			5
Тема Теплоотдача при фазовых превращениях: <i>особенности теплообмена при кипении и конденсации.</i>				5
Тема Теплообмен излучением: <i>тепловое излучение, основные понятия и определения; законы теплового излучения; лучистый теплообмен между телами; защита от теплового излучения, экраны; особенности теплового излучения газов.</i>	0,5			6
Тема Массообмен: <i>молекулярная и концентрационная диффузия, термодиффузия; поток массы, вектор потока массы; математическое описание процессов массо- и теплообмена.</i>				5
Тема Теплообменные аппараты: <i>классификация теплообменных аппаратов; теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.</i>	0,5			5

Тема Основы рационального использования энергии и энергоресурсов: <i>применение теплоты в отрасли; охрана окружающей среды; основы энергосбережения; вторичные энергетические ресурсы; основные направления экономики энергоресурсов.</i>				5
Тема Определение коэффициента теплоотдачи при свободном конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы: <i>изучение процесса свободной конвекции</i>			3	4
Тема Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости внутри трубы: <i>изучение процессов вынужденной конвекции</i>			3	4
Тема Теплопроводность: <i>определение плотности теплового потока и температур в стенке.</i>		1		2
Тема Теплопередача: <i>определение плотности теплового потока и температур в стенке.</i>		2		2
Тема Движение внутри труб: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		1,5		2
Тема Обтекание труб и пучков труб: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		1,5		2
Выполнение и защита РГР				30
ИТОГО по дисциплине	8	6	6	115

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	71
Подготовка к занятиям семинарского типа	16
Подготовка и оформление РГР	30
	115

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 4 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Теория тепло- и массообмена	ОПК-3	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> - глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	ОПК-3	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ОПК-3	Лабораторные работы	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие отчета предъявляемым требованиям; - правильность и аккуратность написания отчета; - способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; - степень точности ответов на контрольные вопросы; - установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.
	ОПК-3	Расчетно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.

Все темы	ОПК-3	Вопросы экзамена	- глубина знаний теоретических вопросов билета; - глубина знаний дополнительных вопросов; - логика рассуждений.
----------	-------	------------------	---

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 5).

Таблица 5 – Технологическая карта

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Экзамена</i>				
1	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
2	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
3	Отчеты по лабораторным работам	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент правильно сделал отчет. Показал отличное владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных

				<p>задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.</p> <p>30 баллов - студент сделал отчет с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</p> <p>20 баллов - Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</p> <p>При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
4	Расчетно-графическая работа	В конце семестра	50 баллов	<p>50 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>40 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>25 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
5	Экзамен	На экзаменационной сессии	60 баллов	<p>60 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>45 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных</p>

				вопросов. 20 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
ИТОГО:		-	220 баллов	-
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:				
0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);				
65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);				
75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);				
85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

Задания для текущего контроля

Вопросы для собеседования

1. Виды теплообмена
2. Основные положения теплопроводности (температурное поле, температурный градиент)
3. Закон Фурье. Плотность теплового потока
4. Коэффициент теплопроводности
5. Теплопроводность через плоскую стенку
6. Теплопроводность через цилиндрическую стенку
7. Теплопроводность при нестационарном режиме.
8. Регулярный тепловой режим
9. Основные понятия и определения конвективного теплообмена.
10. Применение теории подобия в конвективном теплообмене
11. Критерии (числа) подобия
12. Теплоотдача при вынужденном движении вдоль пластины и в трубах
13. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб
14. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченных пространствах
15. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченных пространствах
16. Общие представления о процессе кипения
17. Теплообмен при пузырьковом кипении
18. Теплообмен при пленочном кипении
19. Общие представления о процессе конденсации
20. Теплоотдача при пленочной конденсации
21. Теплоотдача при капельной конденсации
22. Основные понятия и определения лучистого теплообмена
23. Классификация теплообменных аппаратов

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Определение коэффициента теплоотдачи при свободном конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы:

1. Что называется теплоотдачей?
2. Какие процессы входят в конвективный теплообмен?
3. Что такое свободная и вынужденная конвекция?
4. Сформулируйте закон Ньютона-Рихмана.
5. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
6. От каких параметров зависит коэффициент теплоотдачи?
7. Для чего применяется теория подобия?
8. Что такое критерии подобия?
9. Числа Грасгофа, Прандтля, Нуссельта и их физический смысл?
10. Назовите условия подобия для моделей со свободно-конвективным теплообменом.
11. Расскажите о методике опытного определения коэффициента теплоотдачи?
12. Чем отличаются первый и второй способы определения α ?

Лабораторная работа №2. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел:

1. Дайте определение понятию коэффициент теплопроводности?
2. Что такое регулярный режим?
3. Что такое темп охлаждения?
4. Как определить темп охлаждения с помощью графика?

Лабораторная работа №3. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости внутри трубы:

- 1) Объясните процесс теплоотдачи при вынужденной течения жидкости.
- 2) Дайте определение коэффициента теплоотдачи.
- 3) Что называют локальным и средним коэффициентами теплоотдачи?
- 4) Что такое среднелогарифмический температурный напор и при каких условиях его можно заменить среднеарифметическим?
- 5) Покажите графически, как изменяется температурный напор вдоль трубы при постоянной температуре стенки и при нагревании жидкости.
- 6) При каких условиях подобны стационарные процессы конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя?
- 7) Объясните понятие теплового подобия?
- 8) Назовите три теоремы подобия.
- 9) Что определяют числа Рейнольдса, Прандтля и Нуссельта?
- 10) В чем необходимость представления результатов эксперимента через критерии Нуссельта и Рейнольдса?

Вопросы для экзамена

Глава 1. Введение. Теплопроводность

1. Виды теплообмена
2. Основные положения теплопроводности (температурное поле, температурный градиент)
3. Закон Фурье. Плотность теплового потока
4. Коэффициент теплопроводности
5. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности
6. Физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности. Условия однозначности
7. Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности

Глава 2. Отдельные задачи теплопроводности при стационарном режиме

8. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях первого рода
9. Теплопроводность многослойной плоской стенки при граничных условиях первого рода
10. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях первого рода
11. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода
12. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода
13. Критический диаметр изоляции
14. Пути интенсификации теплопередачи

Глава 3. Теплопроводность при нестационарном режиме

15. Теплопроводность при нестационарном режиме. Аналитический путь решения задачи
16. Характер изменения безразмерной температуры по толщине пластины для различных Bi
17. Регулярный тепловой режим

Глава 4. Конвективный теплообмен

18. Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Закон конвективного теплообмена
19. Характер обтекания горизонтальной пластины и изменения α
20. Дифференциальное уравнение энергии
21. Дифференциальное уравнение движения (уравнение Навье-Стокса)
22. Дифференциальное уравнение сплошности
23. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Краевые условия
24. Применение теории подобия в конвективном теплообмене
25. Критерии (числа) подобия
26. Основные положения теории подобия (теоремы)

Глава 5. Теплоотдача в жидкостях и газах

27. Теплоотдача при вынужденном движении вдоль пластины и в трубах
28. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб
29. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченных пространствах
30. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченных пространствах

Глава 6. Теплообмен при фазовых переходах

31. Общие представления о процессе кипения
32. Кризисы кипения
33. Особенности кипения жидкости, движущейся внутри труб
34. Теплообмен при пузырьковом кипении
35. Теплообмен при пленочном кипении
36. Общие представления о процессе конденсации
37. Теплоотдача при пленочной конденсации
38. Теплоотдача при конденсации пара в трубах
39. Теплоотдача при капельной конденсации

Глава 7. Лучистый теплообмен

40. Основные понятия и определения лучистого теплообмена
41. Законы Планка и Вина для лучистого теплообмена
42. Закон Стефана-Больцмана
43. Законы Кирхгофа и Ламберта
44. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде
45. Сложный теплообмен

Глава 8. Теплообменные аппараты

46. Классификация теплообменных аппаратов
47. Уравнения теплового расчета теплообменников
48. Схемы движения теплоносителей и среднеинтегральная разность температур
49. Виды теплового расчета теплообменников и их последовательность
50. Пример расчета теплообменника (постановка задачи и последовательность)
51. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов
52. Коэффициент теплопередачи в регенеративных теплообменниках

Пример задания на расчетно-графическую работу

Задание 1. Теплопередача в многослойной плоской стенке

Условия задания. Тепло дымовых газов передается через стенку котла кипящей воде. Заданы температура газов $t_{ж1}$ и воды $t_{ж2}$, коэффициент теплоотдачи газами стенке α_1 и от стенки воде α_2 . Стенка плоская.

Требуется:

1) рассчитать термические сопротивления R , коэффициенты теплопередачи k , эквивалентные коэффициенты теплопроводности $\lambda_{эkv}$ и количества передаваемого тепла q от газов к воде через 1 м^2 стенки за 1 с для следующих случаев:

- а) стенка стальная, совершенно чистая, толщиной δ_2 ;
- б) случай «а», но со стороны воды имеется слой накипи толщиной δ_3 ;
- в) случай «б», но поверх накипи имеется слой масла толщиной δ_4 ;
- г) случай «в», но со стороны газов стенка покрыта слоем сажи толщиной δ_1 .

2) приняв количество тепла для случая «а» за 100 %, подсчитать в процентах тепло для всех остальных случаев.

3) определить аналитически температуры всех слоев стенки случая «г».

4) построить для случая «г» линию падения температуры в стенке.

Исходные данные

1) температура, °С:

$$t_{ж1} = \text{_____}; t_{ж2} = \text{_____}$$

2) толщина стенки, мм:

$$\delta_1 = \text{_____}; \delta_2 = \text{_____}; \delta_3 = \text{_____}; \delta_4 = \text{_____}$$

3) коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = \text{_____}; \alpha_2 = \text{_____}$$

4) коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К):

$$\lambda_1 = 0.2; \lambda_2 = 50; \lambda_3 = 2; \lambda_4 = 0.1$$

Задание 2. Конвективный теплообмен

Условия задания. Тепло горячей воды, движущейся внутри круглой горизонтальной трубы, передается воздуху, омывающему трубу по наружной поверхности свободным потоком.

Требуется определить коэффициенты теплоотдачи водой внутренней поверхности трубы и наружной ее поверхностью воздуху, а также коэффициент теплопередачи от воды к воздуху, отнесенный к 1 м длины трубы и ее диаметрам.

Исходные данные

1) внутренний диаметр трубы, мм

$$d_1 = \text{_____}$$

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| 2) толщина стенки трубы, мм: | $\delta =$ _____ |
| 3) длина трубы, мм: | $\ell =$ _____ |
| 4) материал трубы: | _____ |
| 5) средняя скорость воды, м/с: | $w =$ _____ |
| 6) средняя температура воды, °С: | $t_{ж1} =$ _____ |
| 7) температура наружного воздуха, °С: | $t_{ж2} =$ _____ |

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Космынин А.В., Виноградов В.С. Теплотехника. Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 114 с.
2. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах / В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006.– 333 с.
3. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача.– М.: Высшая школа, 1988.– 479 с.
4. Теплопередача : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1. Основы теории теплопередачи / В. С. Чередниченко, В. А. Синицын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чередниченко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 221 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014715-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001086> (дата обращения: 07.06.2021). – Режим доступа: по подписке.
5. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен: Учебник / Брюханов О.Н., Шевченко С.Н. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 464 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004803-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1000209> (дата обращения: 07.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

8.2 Дополнительная литература

1. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.Н. Михеева. - М.: ВШ, 1973. - 343 с.
2. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача.- М.: Высшая школа, 1991.– 480 с.
3. Теплотехника: Учебник для втузов / Под общ. ред. А.П. Баскакова.– М.: Энергоиздат, 1982.– 263 с.
4. Зубарев В.Н. и др. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие для втузов.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 304 с.
5. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для втузов.– М.: Высшая школа, 1980.
6. Болгарский А.В. и др. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высшая школа, 1972.
7. Теплотехника. Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.И.Крутова.– М.: Машиностроение, 1986.– 432 с.
8. Лариков Н.Н. Теплотехника. Учебник для втузов.– М.: Стройиздат, 1985.– 432 с.
9. Теплообмен: теория и практика : учебник / В. В. Карнаух, А. Б. Бирюков, С. И. Гинкул [и др.]. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 332 с. - ISBN 978-5-9729-0702-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836516> (дата обращения: 07.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины (при наличии)

1. Определение коэффициента теплоотдачи при свободно-конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 8 с.

2. Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи. Методические указания к лабораторной работе / Сост. С.А. Скоморовский. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2000. – 7 с.

3. Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор. Методические указания к лабораторной работе / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 8 с.

4. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости (газа) внутри трубы. Методические указания к лабораторной работе /сост. А.В. Смирнов, С.С. Блинков - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2011 –12с.

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM.

Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.

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

<http://teplolib.ucoz.ru> – электронная библиотека теплоэнергетика

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.openoffice.org/license.html
SMathStudio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://ru.smath.info/
КОМПАС-3D LT	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: http://kompas.ru/kompas-3d-lt

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель может проводить инструктаж по выполнению задания. В инструктаж включается:

- цель и содержание задания;
- сроки выполнения;
- ориентировочный объем работы;
- основные требования к результатам работы и критерии оценки;
- возможные типичные ошибки при выполнении.

Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

10.3 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 8 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
	Учебный кабинет	Проектор
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные стенды
131/2	Лаборатория тепловых энергетических установок	Лабораторные стенды

10.4 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:



- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Лист регистрации изменений к РПД

№ п/п	Содержание изменения / основание / дата внесения изменения	Количество страниц РПД	Подпись автора РПД
1	Воспитательная работа обучающихся. Основание: Федеральный закон от 31.07.2020 № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся»	1	
2	Практическая подготовка обучающихся. Основание: Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 г. № 885/390 «О практической подготовке обучающихся»	2	
3	Актуализация литературы	1	