

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт

Кафедра промышленной энергетики



В.В. Тимофеев
2013 г.

ТЕПЛОМАССОБМЕН

Дисциплина по направлению 140100.62
"Теплоэнергетика и теплотехника"

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

Е.И. Грошев
«04» 09 2013 г.

Разработал

Доцент кафедры

промышленной энергетики

А.Г. Муравьев
«25» апреля 2013 г.

№ 7

Принято на заседании кафедры

Заведующий кафедрой

И.В. Швецов
«25» апреля 2013 г.

1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование компетенций студентов в области представлений, знаний, умений и навыков по тепломассообмену, который является одной из основ профилирующих дисциплин специальности.

Задачи- овладение теорией и методами расчета основных процессов теплообмена и массообмена, умение использовать основные законы тепломассообмена при расчётах процессов, протекающих в тепло- и массообменной аппаратуре, научиться применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования тепломассообменных процессов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина входит в состав блока базовой части профессионального цикла дисциплин. Индекс дисциплины БЗ.5. Ее изучение базируется на знании курсов математики, физики, гидрогазодинамики, технической термодинамики.

Знания, полученные в процессе изучения дисциплины, используются студентами при изучении курсов теория горения, котельные установки и парогенераторы, основы трансформации теплоты, нагнетатели и тепловые двигатели, источники производства теплоты, тепломассообменное оборудование предприятий, технологические энергоносители, системы газоснабжения, теплогенерирующие установки и системы теплоснабжения, котельные и электростанции на альтернативных видах топлива, энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии и т.д., а также на производственной практике и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

3.1. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- 1) способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, готовностью к самостоятельной индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции, способностью и готовностью использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерных технологий в своей предметной области (ОК-1);
- 2) способностью к анализу и синтезу тепломассообменных объектов и систем, выбору расчетной схемы и оптимального метода расчета тепломассообменных аппаратов и систем (ПК-1);
- 3) способностью производить расчеты тепломассообменных объектов и систем на основе базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать при этом методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);
- 4) готовностью выявить физическую сущность проблем, возникающих в ходе расчёта тепломассообменных процессов, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-3);
- 5) способностью формировать законченное представление о произведённых расчётах и полученных результатах в виде отчета с его публичной защитой (ПК-7).

В результате изучения дисциплины студент должен иметь представление о:

- способах теплообмена;
- теории подобия и анализе размерностей;
- системе дифференциальных уравнений конвективного тепломассообмена;
- протекании процессов теплообмена при фазовых превращениях;
- протекании процесса теплообмена излучением.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные критерии подобия, используемые в формулах, описывающих процессы тепломассообмена;
- способы интенсификации тепломассообмена;

-типы теплообменных аппаратов, схемы движения в них теплоносителей и основные положения теплового и гидравлического расчета этих аппаратов.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- решать дифференциальное уравнение теплопроводности;
- применять методы подобия и анализа размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена;
- рассчитать тепловой поток через межфазную поверхность или стенку с использованием коэффициентов теплоотдачи, вычисленных при протекании конвективного теплообмена, вынужденного течения в каналах, обтекании трубы и пучка труб; свободной конвекции, фазовых превращениях; теплообмене излучением, сложном теплообмене;
- выполнить теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.

В результате изучения дисциплины студент должен иметь опыт:

- работы со справочной литературой, используемой при тепломассообменными расчётах;
- решения задач тепломассообмена, используемых в расчётах теплообменного оборудования.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Трудоемкость дисциплины и формы аттестации

Таблица 4.1 – Очная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	4 семестр	5 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовая работа (экзамен)	9	4 1	5 2
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):			
- лекции	36	18	18
- практические занятия (семинары)	54	27	27
- лабораторные работы	18	9	9
- аудиторная СРС	36	18	18
- внеаудиторная СРС	108	54	54
- курсовая работа	72		72
Аттестация:			
- зачет*			
- экзамен	36	36	зачет

*) зачет принимается в часы аудиторной СРС.

Таблица 4.2 – Заочная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	4 семестр	5 семестр	6 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовая работа (экзамен)	9 2 1	-	4 1	5 2
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):				
- лекции	14	2	6	6
- практические занятия (семинары)	14	-	4	10
- лабораторные работы	4	-	-	4
- аудиторная СРС	-	-	-	-
- внеаудиторная СРС	207	-	123	84
- курсовая работа	72	-	-	72
Аттестация:				
- экзамен	9		9	
- зачёт	4			4

Таблица 4.3 – Заочная сокращенная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	3 семестр	4 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовая работа (экзамен)	9 2 1	-	5 2 1
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):			
- лекции	6	2	4
- практические занятия (семинары)	6	-	6
- лабораторные работы	4	-	4
- аудиторная СРС	-	-	-
- внеаудиторная СРС	227		227
- курсовая работа	72		72
Аттестация:			
- экзамен	9		9

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.3

Раздел (тема) дисциплины, КП / КР	Семестр	Неделя семестра, ЛЕК/ПЗ/ЛР	Трудоемкость по видам УР, АЧ					Баллы рейтинга		Источники
			ЛЕК	ПЗ	ЛР	В том числе, ауд. СРС	Внеауд. СРС	порого- вый	мах	
1.Основные положения теории теплообмена.Основные понятия процесса тепломассообмена. Способы теплообмена. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Закон Ньютона. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.	4	1 2/2/-	2	2	-	2	4	-	-	1,2,3,4
2.Теплопроводность при стационарном режиме.Распределение температур и потоки тепла в плоской, цилиндрической и шаровой стенках при граничных условиях первого и третьего рода. Многослойные стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки. Наличие внутренних источников теплоты. Теплопередача через ребристую стенку.	4	1-3 3/6/3	3	6	3	3	12	-	-	1,2,3,4,9
3.Теплопроводность при нестационарном режиме. Теплопроводность тонкой пластины и длинного цилиндра при граничных условиях третьего рода. Расчет нестационарного температурного поля для тел конечных размеров. Регулярный режим. Приближённые методы решения задач теплопроводности.	4	3-4 3/4/-	3	4	-	3	8	-	-	1,2,3,4

4.Конвективный теплообмен в однородной среде. Теория пограничного слоя. Теплоотдача в однофазных жидкостях. Свободная и вынужденная конвекция. Теплообмен при ламинарном и турбулентном течении жидкости. Динамический и тепловой пограничный слой. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.	4	4-5 2/2/-	2	2	-	2	4	-	-	1,2,3,4
5.Теория подобия. Эмпирическое описание конвективного теплообмена. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Критерии подобия. Свойства подобных процессов. Теоремы подобия. Вывод критериев подобия из анализа дифференциальных уравнений. Физический смысл критериев подобия. Осреднение коэффициентов теплоотдачи. Выбор определяющих размеров и температур. Обработка и обобщение опытных данных на основе теории подобия. Критериальные уравнения.	4	5-6 3/4/-	3	4	-	3	8	38	75	1,2,3,4
6.Теплоотдача при вынужденном обтекании плоской поверхности, движении в трубах и обтекании труб. Теплообмен при обтекании пластины потоком несжимаемой жидкости. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Теплообмен при течении жидкости в трубах. Участки тепловой и гидродинамической стабилизации. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах течения в гладких	4	6-8 3/6/3	3	6	3	3	12			1,2,3,4,10

[illegible]

7.Теплоотдача при свободном движении жидкости.Факторы обуславливающие свободное движение. Теплоотдача в ламинарном и турбулентном пограничном слое вдоль вертикальной стенки. Теплоотдача вблизи горизонтальных труб и пластин. Расчет теплоотдачи при естественной конвекции в неограниченном объеме и ограниченном пространстве.	4	8-9 2/3/3	2	3	3	2	6	100	200	1,2,3,4,11
8.Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплоотдача при конденсации пара на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб, на внешней поверхности горизонтальных труб и пучках труб.	5	10 2/2/-	2	2	-	2	4	-	-	1,2,3,4
9.Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Условия возникновения и протекание процесса кипения. Пузырьковый и пленочный режим кипения, кризисы кипения. Влияние различных факторов на интенсивность теплоотдачи при пузырьковом кипении. Теплообмен при кипении в большом объеме. Структура двухфазного потока и теплообмен при кипении жидкостей внутри труб.	5	10-11 3/4/-	3	4	-	3	8	-	-	1,2,3,4

10.Конвективный теплообмен. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Концентрационная диффузия, термодиффузия, бародиффузия. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Граничные условия на границе раздела фаз. Диффузионный пограничный слой. Применение методов подобия и размерностей к процессам массообмена. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Теплообмен при испарении жидкости в парогазовую среду и при конденсации пара из парогазовой смеси. Теплообмен при химических превращениях.	5	11-13 4/6/-	4	6	-	4	12	-	-	1,2,3,4
11.Теплообмен излучением. Основные понятия лучистого теплообмена. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между параллельными пластинами, между телом и оболочкой, разделенными прозрачной средой. Защитные экраны. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Сложный теплообмен.	5	13-15 4/6/4	4	6	4	4	12	63	125	1,2,3,4
12.Тепловой расчет теплообменных	5	15-18	3	6	5	3	12	-	-	1,2,3,4,5,6,

аппаратов. Классификация теплообменников. Основные схемы движения теплоносителей в теплообменниках. Основы теплового расчета теплообменников рекуперативного типа: ☐ уравнение теплового баланса; ☐ уравнение теплопередачи; ☐ среднетемпературный напор. Конструктивный и поверочный расчет теплообменника, определение конечных температур теплоносителя. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов регенеративного типа.		3/6/5								7
13. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов. Принцип гидравлического расчета теплообменных аппаратов. Сопротивление трения и местные сопротивления. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя.	5	18 2/3/-	2	3	-	2	6	-	-	1,2,3,4,5,6, 7
Итого:			36	54	18	36	108	125	250	

4.2.1. Содержание лабораторных работ

Таблица 4.4

Лабораторные работы	Трудоемкость, АЧ
ЛР-01 Исследование теплопроводности методом пластины	3
ЛР-02 Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе	3
ЛР-03 Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра	3
ЛР-04 Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом	4
ЛР-05 Исследование работы теплообменного аппарата	5
Итого:	18

4.2.2 Содержание практических занятий

Таблица 4.5

Практические занятия (семинары)	Трудоемкость, АЧ
ПР-01 Основные положения теории теплообмена.	2
ПР-02 Теплопроводность при стационарном режиме	6
ПР-03 Теплопроводность при нестационарном режиме	4
ПР-04 Пограничный слой.	2
ПР-05 Теория подобия.	4
ПР-06 Теплоотдача при вынужденной конвекции	6
ПР-07 Теплоотдача при свободном движении жидкости	3
ПР-08 Теплообмен при конденсации	2
ПР-09 Теплообмен при кипении	4
ПР-10 Тепломассообмен	6
ПР-11 Теплообмен излучением	6
ПР-12 Тепловой расчет теплообменников	6
ПР-13 Гидравлический расчет теплообменников	3
Итого:	54

4.2.3 Самостоятельная работа студентов включает работу с интернет-источниками, предоставляющими свободный доступ к демо-версиям программных продуктов для моделирования теплопереноса в твёрдых телах, жидкостях и газах, включая фазовые переходы (например <http://www.humusoft.com/produkty/comsol/ru>); проработку полученных на занятиях теоретических знаний с использованием дополнительной литературы и специализированных интернет-сайтов (например, <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>, <http://tgk.khstu.ru/lib/>), анализ литературных и интернет-источников для выполнения тестовых контрольных работ, подготовки и оформления лабораторных работ, выполнения индивидуальных домашних заданий, примеры которых приведены в приложении А. Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Тепломассообмен» и пример экзаменационного билета приведены в приложении Б.

Отдельные тестовые и практические задания для самоподготовки можно найти в каталоге электронных образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).

Примеры индивидуальных домашних заданий:

ИДЗ-1. Вдоль плоской стенки с обеих сторон движутся турбулентные потоки двух жидкостей. В процессе теплообмена с одной стороны коэффициент теплоотдачи равен 230, а с другой 400 Вт/(м²·К). Во сколько раз увеличится коэффициент теплопередачи через стенку, разделяющую жидкости, если скорость первого потока возрастет в 2 раза, а второго - в 3 раза? Термическое сопротивление стенки не учитывать.

ИДЗ-2. Стальная труба (258×4мм, Ст. 20, $\lambda = 40$ Вт/(м·К)) теплотрассы горячего водоснабжения длиной 50 м проложена через железнодорожные пути под эстакадой на открытом воздухе ($t_a = 0$ °С). На входе в этот участок теплотрассы температура воды равна 100 °С и скорость ее движения 0,05 м/с. Коэффициент теплоотдачи с внешней поверхности трубы составляет при этом 20 Вт/(м²·К). Вычислить температуру воды в конце указанного участка теплотрассы, а также средние по длине температуры воды и стенки трубы.

ИДЗ-3. Даны два теплообменника для нагрева воздуха. В первом теплообменнике воздух проходит по трубам ($l/d > 50$), а греющий пар — снаружи труб. Во втором, наоборот, пар движется в трубах, а воздух снаружи омывает трубы в поперечном направлении. В обоих случаях принять скорость воздуха 12 м/с, среднюю температуру нагретого воздуха 60 °С, коэффициент теплоотдачи от пара к стенкам 8 кВт/(м²·К). Трубы изготовлены из латуни и имеют диаметр 26×3 мм, расположение труб шахматное, соотношение шагов $s_1 = 2,1s_2$. Найти линейные коэффициенты теплопередачи для обоих вариантов теплообменников.

ИДЗ-4. В сосуде кипит вода под давлением $p = 0,2$ МПа. Режим кипения пузырьковый. Чему равна плотность теплового потока на поверхности нагрева, если температура стенки сосуда $T_c = 135$ °С?

Формирование компетенций студентов

Таблица 4.6

№ темы (раздела) дисциплины	Трудоемкость, АЧ	Код компетенции
1	4	ОК-1, ПК-1
2	12	ОК-1, ПК-1, ПК-2
3	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
4	4	ОК-1, ПК-1, ПК-2
5	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
6	12	ОК-1, ПК-1, ПК-2
7	8	ОК-1, ПК-1, ПК-2
8	4	ОК-1, ПК-1, ПК-2
9	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
10	10	ОК-1, ПК-1, ПК-2
11	14	ОК-1, ПК-1, ПК-2
12	14	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
13	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3

5 Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы

В процессе преподавания дисциплины используются следующие виды образовательных технологий.

Интегральную модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое, технология поэтапного формирования умственных действий.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- практические (работа в малых группах, использование видеоматериалов);
- самостоятельная работа студентов (выполнение индивидуальных домашних заданий и тестовых контрольных работ, работа с источниками по темам дисциплины, подготовка отчетов по лабораторным работам).

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении практических занятий.

Формы проведения практических занятий по дисциплине представлены в таблице 5.1 (рекомендуемые).

Таблица 5.1

Тема занятий	Форма проведения
ПР-01 Теплопроводность при стационарном режиме	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Контрольная работа
ПР-02 Теплопроводность при нестационарном режиме	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-03 Пограничный слой. Теория подобия	Проблемная лекция-презентация с элементами беседы. Обзор методов решений задач теплопереноса в пограничном слое. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-04 Теплоотдача при вынужденной конвекции	Информационная лекция с элементами беседы. Обзор методов решений задач теплопереноса при вынужденной конвекции. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-05 Теплоотдача при свободном движении жидкости	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-06 Теплообмен при конденсации	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач.

	Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-07 Теплообмен при кипении	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-08 Тепломассообмен	Проблемная лекция-презентация с элементами беседы. Обзор методов решений задач тепломассообмена. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Выдача домашних заданий.
ПР-09 Теплообмен излучением	Информационная лекция с элементами беседы. Групповая работа по решению задач. Самостоятельное решение задач. Тестовая контрольная работа.
ПР-10 Тепловой расчет теплообменников	Информационная лекция с элементами беседы по методам расчёта теплообменников. Групповая работа по расчёту теплообменника.
ПР-11 Гидравлический расчет теплообменников	Информационная лекция с элементами беседы по методам гидравлического расчёта теплообменников. Групповая работа по гидравлическому расчёту теплообменника.

6 Содержание курсового проекта

6.1 Целью курсовой работы является освоение методики тепломассообмена.

Основными задачами работы является расчёт воздухоподогревателя и расчёт промышленных тепломассообменных установок. Задание на курсовой проект выдается преподавателем каждому студенту индивидуально на соответствующем бланке, который представлен в методических указаниях по курсовому проектированию.

6.2 Содержание курсовой работы

Содержание альбома:

- титульный лист;
- ведомость курсового проекта;
- задание на расчёт;
- пояснительная записка;
- графическая часть.

В расчётной части пояснительной записки приводится обоснование и выбор типа и мощности основного оборудования, расчёт и выбор вспомогательного оборудования, выбор тепловой схемы и расчёт её для характерных режимов работы системы отопления.

Графическая часть курсовой работы состоит из тепловой схемы котельной, отопительного температурного графика, плана котельной, поперечного сечения котельной, разреза дымовой трубы.

7 Содержание самостоятельной работы

Студенты выполняют следующие виды самостоятельной работы:

- выполнение курсовой работы.

8 Оценочные средства контроля успеваемости

Для оценки качества усвоения дисциплины используются следующие формы контроля:

– **текущий:** контрольные работы, тестовые контрольные работы, домашние задания, выборочный опрос.

Критерий	В рамках формируемых компетенций студент демонстрирует:
пороговый	знание и понимание теоретического содержания курса "Тепломассообмен" с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний законов теплопереноса в конкретных ситуациях, низкое качество выполнения учебных заданий (не выполнены, либо оценены числом баллов, близким к минимальному); низкий уровень мотивации учения;
стандартный	полное знание и понимание теоретического содержания курса, без пробелов; недостаточную сформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях; достаточное качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий (ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками); средний уровень мотивации учения;
эталонный	полное знание и понимание теоретического содержания курса, без пробелов; сформированность необходимых практических умений при использовании знаний для теплового расчета, высокое качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий (оценены числом баллов, близким к максимальному); высокий уровень мотивации учения.

– **рубежный:** предполагает использование педагогических тестовых материалов для аудиторного контроля теоретических знаний (пример заданий в тестовой форме даны в приложении В); домашних заданий; учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, включая баллы за выполнение контрольных работ (примеры контрольных работ приведены в приложении Г), систематичность работы и творческий рейтинг (участие в конференции, публикации, творческие идеи).

– **семестровый:** осуществляется посредством зачета и экзамена с учётом суммарных баллов за семестровый период изучения дисциплины.

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины по семестрам:

4 семестр:

– пороговый (“оценка “удовлетворительно”) – 100 – 139 баллов.

– стандартный (оценка “хорошо”) – 140 – 179 баллов.

– эталонный (оценка “отлично”) – 180 – 200 баллов.

5 семестр:

– пороговый (“оценка “удовлетворительно”) – 125 – 174 баллов.

– стандартный (оценка “хорошо”) – 175 – 224 баллов.

– эталонный (оценка “отлично”) – 225 – 250 баллов.

Технологическая карта дисциплины с оценкой различных видов учебной деятельности по этапам контроля приведена в приложении Д (рекомендуемые).

9 Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины

9.1 Список основной литературы:

- 1 Цветков А.В. Тепломассообмен Изд.2 МЭИ 2005.- 277с.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 416с., ил.
3. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: - М.:Энергия, 1980. - 287с.

9.2 Список дополнительной литературы:

4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 416с., ил.
- 5 Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод.-М.:Энергия,1977.-256 с.
- 6 Аэродинамический расчет котельных установок.Нормативный метод.- Л.: Энергия, 1977.-256 с.
- 7 Сунцов А.Н., Мусатов Ю.В. Расчет воздухоподогревателя. Методические указания к курсовой работе по курсу “Теплообмен”:-Саратов: СПИ, 1983.-24 с.
- 8 Воскресенский В.Ю. Тепломассообмен: Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников энергетических специальностей вузов.- М.: Высш. шк.,1990.- 63 с.

Карта учебно-методического обеспечения по дисциплине представлена в приложении Е.

10 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима аудитория, оборудованная дидактическими средствами обеспечения занятий, мультимедийными средствами для демонстрации лекций-презентаций, презентаций проектов и видеоматериалов. Для проведения лабораторных работ необходима лаборатория с лабораторными установками.

Приложение А

Примеры индивидуальных домашних заданий

ИДЗ-1.

Вдоль плоской стенки с обеих сторон движутся турбулентные потоки двух жидкостей. В процессе теплообмена с одной стороны коэффициент теплоотдачи равен 230, а с другой 400 Вт/(м²К). Во сколько раз увеличится коэффициент теплопередачи через стенку, разделяющую жидкости, если скорость первого потока возрастет в 2 раза, а второго - в 3 раза? Термическое сопротивление стенки не учитывать.

ИДЗ-2

Стальная труба (258×4мм, Ст. 20, $\lambda = 40$ Вт/(м·К)) теплотрассы горячего водоснабжения длиной 50 м проложена через железнодорожные пути под эстакадой на открытом воздухе ($t_{\text{с}} = 0$ °С). На входе в этот участок теплотрассы температура воды равна 100 °С и скорость ее движения 0,05 м/с. Коэффициент теплоотдачи с внешней поверхности трубы составляет при этом 20 Вт/(м²·К). Вычислить температуру воды в конце указанного участка теплотрассы, а также средние по длине температуры воды и стенки трубы.

Приложение Б

Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Тепломассообмен» и пример экзаменационного билета

Контрольные вопросы к экзамену:

1. Основные понятия процесса тепломассообмена. Температурное поле. Тепловой поток.
2. Основные законы теплообмена. Коэффициент теплопроводности.
3. Система дифференциальных уравнений теплообмена. Граничные условия.
4. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях первого рода. Многослойная стенка.
5. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода.
6. Стационарная теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях первого рода.
7. Стационарная теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода.
8. Критический диаметр цилиндрической стенки. Пути интенсификации теплопередачи.
9. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты.
10. Нестационарная теплопроводность плоской стенки. Регулярный режим.
11. Нестационарная теплопроводность тел конечных размеров.
12. Конвективный теплообмен в однородной среде. Тепловой пограничный слой.
13. Теория подобия. Критерии теплопереноса.
14. Анализ размерностей. Критериальные уравнения теплопереноса.
15. Обобщение экспериментальных данных. Определение коэффициентов в эмпирических формулах.
16. Средний температурный напор.
17. Интегральное уравнение теплового пограничного слоя. Уравнение Кармана.
18. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое.

Пример экзаменационного билета:

Министерство науки и образования Российской Федерации
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Политехнический институт
Кафедра промышленной энергетики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 по курсу «Тепломассообмен»

1. Система дифференциальных уравнений теплообмена. Граничные условия.
2. Интегральное уравнение теплового пограничного слоя. Уравнение Кармана.

С какой стороны обребование будет эффективнее в случае теплопередачи от воды к воздуху через разделяющую их стенку?

Зав. кафедрой

И.В. Швецов

Приложение В

Примеры заданий в тестовой форме

1	Температурный градиент – это вектор, направленный:	1 по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры 2 по нормали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры 3 вдоль изотермической поверхности
2	Термическое сопротивление плоской стенки представляет собой:	1. падение температуры при прохождении через стенку удельного теплового потока, равного единице 2 отношение коэффициента теплопроводности стенки к ее толщине 3 отношение толщины стенки к коэффициенту теплопроводности стенки
3	В каком случае при нестационарном охлаждении неограниченной пластины температура по толщине пластины распределяется равномерно, и кривая температур остается почти параллельной оси X для любого момента времени?	1 - если число $Bi > 0,1$ 2 - если число $Bi < 0,1$ 3 - если число $Fo > 0,3$
4	Критерий подобия Грасгофа характеризует:	1 конвективный теплоперенос 2 свободную конвекцию 3 пузырьковое кипение
5	В критериальном уравнении конвективного теплообмена отношение $(Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25}$ учитывает:	1 наличие свободной конвекции 2 теплопроводность вдоль потока 3 направление теплового потока
6	Если коэффициент теплоотдачи третьего ряда коридорного пучка труб принять за 100%, то коэффициент теплоотдачи второго ряда этого пучка составит:	1 90% 2 30% 3 60%
7	Тело, поглощающее все падающее на него излучение, называется:	1 абсолютно белым 2 серым 3 абсолютно чёрным
8	При установке трех экранов между двумя параллельными поверхностями с одинаковой степенью черноты ($\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_{ЭК}$)	1 в 2 раза 2 в 3 раза

	количество излучаемой энергии уменьшится:	3 в 4 раза
--	---	------------

9	Известно, что с ростом температуры максимум излучения смещается в сторону более коротких волн, – это закон:	1 Стефана-Больцмана 2 Вина 3 Ламберта
---	---	---

10	Если движущей силой переноса вещества является разность температур, то происходит:	1 бародиффузия 2 теплопроводность 3 термодиффузия
----	--	---

11	Теплообменные аппараты, в которых две жидкости с различными температурами текут в пространстве, разделенном твердой стенкой, называются: рекуперативными	1 рекуперативными 2 регенеративными 3 контактными
----	---	---

Приложение Д
Технологическая карта дисциплины
Трудоемкость дисциплины 9 ЗЕ (450 баллов)

Семестр/ Недели	Виды учебной работы и трудоемкость	Аудиторный контроль теоретических знаний	Работа на практических занятиях	Лабораторные работы	Аудиторные тестовые задания	Индивидуаль-ные домашние задания	Курсовая работа	Экзамен
4 с		0-0	0 – 75	0-20	0-30	0-25	0-0	0-50
1	1 этап		ПР-01 (45б.)		ТЗ-01(30б.)			
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
1 этап. Рубежная аттестация (не менее 38 баллов из 75)								
		0-0	0 – 45	0-0	0-30	0-0	0-0	0-0
10	2 этап		ПР-02 (30б.)	ЛР-01(10б.) ЛР-02(10б.)		ИДЗ-1(25б.)		
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
2 этап. Рубежная аттестация (не менее 76 баллов из 150)								
		0-0	0 – 30	0 – 20	0-0	0-25		
Семестровая аттестация (не менее 100 баллов из 200)								
		0-0	0 – 75	0-20	0-30	0-25	0-0	0-50
5 с		0-0	0 – 60	0-30	0-30	0-30	0-0	0-50
1	1 этап			ЛР-03(15б.)				
2								
3								
4								
5								

6				ЛР-04(156.)				
7								
8			ПР-03 (406.)		ТЗ-02(356.)			
9				ЛР-05(206.)				
1 этап. Рубежная аттестация (не менее 63 баллов из 125)								
		0-0	0 – 40	0-50	0-35	0-0	0-0	0-0
10	2 этап					ИДЗ-2(256.)		
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18		506						
2 этап. Рубежная аттестация (не менее 63 баллов из 125)								
		0-50	0 – 0	0 – 0	0-0	0-25	0-50	
Семестровая аттестация (не менее 125 баллов из 250)								
		0-50	0 – 40	0-50	0-35	0-25	0-50	0-00

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины:

- пороговый (оценка “удовлетворительно”) – 225 – 314 баллов.
- стандартный (оценка “хорошо”) – 315 – 404 баллов.
- эталонный (оценка “отлично”) – 405 – 450 баллов.

Приложение Е
(справочное)

Карта учебно-методического обеспечения

Дисциплина «Тепломассообмен», формы обучения – очной.

Всего часов – 93Е, из них лекций – 36, практических занятий – 54, лабораторные работы – 18, СРС ауд. – 36, СРС внеауд. – 108, курсовая работа – 72.

Для направления – 140100.62 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Обеспечивающая кафедра – «Промышленной энергетики», семестры – 4,5.

Библиографическое описание издания	Вид занятия	Кол.экз.в библи. НовГУ	Примечание
Цветков А.В. Тепломассообмен Изд.2 МЭИ 2005.- 277с.	Лекции, практ. зан., СРС, курс. раб.	10	
Примеры и задачи по тепломассообмену: Учебное пособие / Логинов В.С., и др. – М.: Лань, 2012 – 254с.	Лекции, практ. зан., СРС	2	
Дульнев Г.Н., Тихонов С.В. Основы теории тепломассообмена: [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. - 93 с.- Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/760/72760	Лекции, практ. зан., СРС	—	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Виноградов О.С. Выбор и расчет теплообменников [электронный ресурс]: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2001. - 100 с. - Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/520/24520	Практ. зан., курс. раб. СРС	—	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
Саркисов Г.И. Справочник к курсовым и расчетно-графическим работам по курсу "Теплопередача"[Электронный ресурс]: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1981. - 76 с. - Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/867/45867	Практ. зан., курс. раб. СРС	—	Единое окно доступа к образовательным ресурсам

Примечание: общедоступную литературу по теплопереносу можно найти на сайте EqWorld – Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> Библиотека > Книги по механике и управлению > Термодинамика, теплопроводность, диффузия, физико-химическая механика

Таблица 2 - Обеспечение дисциплины учебно-методическими изданиями.

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол.стр.)	Вид занятия	Кол. экз. в библ. НовГУ	Прим.
«Тепломассообмен» Рабочая программа дисциплины для направления 140100.62- «Тепло энергетика и теплотехника» /Сост. Муравьев А.Г.; НовГУ имени Ярослава Мудрого - Великий Новгород. 2012 - 18 с.	Лекции пр. зан. лаб. раб. СРС, курс. работа.	—	
Ланцева Т.А., Пименов М.А. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе. [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе. НовГУ имени Ярослава Мудрого В. Новгород. 2004 24с. - Режим доступа: http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991 .	Лаб. работа, СРС	10	

Учебно-методическое обеспечение дисциплины 100 %.

Зав. кафедрой ПРЭН _____ И.В.Швецов

«_____» _____ 2013г.