

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Политехнический институт

Кафедра промышленной энергетики

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПТ



С.Б. Сапожков

2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины

Тепломассообмен

для направления подготовки
13.03.01. – Теплоэнергетика и теплотехника

СОГЛАСОВАНО
Начальник отдела
обеспечения деятельности ИПТ

 О.В. Ушакова

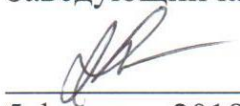
« 02 » 2019 г.

РАЗРАБОТАЛ
Профессор

 И.В. Швецов

5 февраля 2019 г.

Принято на заседании кафедры
Протокол № 6 от 5 февраля 2019 г.
Заведующий кафедрой

 И.В. Швецов
5 февраля 2019 г.

1 Цели и задачи учебной 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 учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебный модуль "Тепломассообмен" относится к обязательной части цикла. Для изучения данного УМ студент должен знать теоретические сведения в объеме курсов математики, физики, гидрогазодинамики, технической термодинамики.

В свою очередь он является основой для овладения студентами модулей "Котельные установки и парогенераторы", «Нагнетатели и тепловые двигатели», «Тепловые и атомные электростанции», «Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии», «Трансформация теплоты и теория горения», «Источники и системы теплоснабжения», «Тепломассообменное оборудование предприятий», «Теплогенерирующие установки и системы теплоснабжения». Знания, полученные в процессе изучения дисциплины, используются на производственной практике и при выполнении выпускной квалификационной работы

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Результаты освоения учебной дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	Знать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик	Уметь демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	Владеть знаниями основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами, пониманием принципов действия электронных устройств, функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения представлена в таблице 2, для заочной формы обучения - в таблице 3.

Таблица 2 - Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

Части учебной дисциплины	Всего	Распределение по семестрам
		3 семестр (в зависимости от содержания учебного плана)
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	90	90
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	72	72
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	18	18
5. Промежуточная аттестация <i>(экзамен)</i> (АЧ)	36	36

Таблица 3 - Трудоемкость учебной дисциплины для заочной формы обучения

Части учебной дисциплины	Всего	Распределение по семестрам
		6 семестр (в зависимости от содержания учебного плана)
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	20	20
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	72	72
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	88	88
5. Промежуточная аттестация <i>(экзамен)</i> (АЧ)	36	36

4.2 Содержание учебной дисциплины

1. Теплопроводность. Основные положения теории теплообмена. Основные понятия процесса теплообмена. Способы теплообмена. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Закон Ньютона. Теплопроводность при стационарном режиме. Основные задачи теплопроводности 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. 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. Приближенные методы решения задач теплопроводности.

2. Конвективный теплообмен. 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. 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.

3. Теплоотдача. 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 трубах. Теплопередача при различных условиях поперечного обмывания цилиндра. Теплоотдача в коридорных и шахматных пучках труб. 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 Тепломассообмен. Теплообмен при фазовых превращениях. 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. 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. Тепломассообмен. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Концентрационная диффузия, термодиффузия, бародиффузия. Система дифференциальных уравнений конвективного тепломассообмена. Граничные условия на границе раздела фаз. Диффузионный пограничный слой. Применение методов подобия и размерностей к процессам массообмена. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Тепломассообмен при испарении жидкости в парогазовую среду и при конденсации пара из парогазовой смеси. Тепломассообмен при химических превращениях.

5 Лучистый теплообмен. 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.

6 Расчет теплообменных 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. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов. Принцип гидравлического расчета теплообменных аппаратов. Сопротивление трения и местные сопротивления. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя.

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 4 - Трудоемкость разделов учебной дисциплины

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)				Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
1	Теплопроводность	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
2	Конвективный теплообмен	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
3	Теплоотдача	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
4	Тепломассообмен	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
5	Лучистый теплообмен	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
6	Расчет теплообменных аппаратов	6	6	3	3	3	Контрольный опрос
	Промежуточная аттестация	экзамен					
	ИТОГО	36	36	18	18	18	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Таблица 5 - Содержание лабораторных работ

Лабораторные работы	Трудоемкость, АЧ
ЛР-01. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала.	3
ЛР-02. Теплоотдача вертикального цилиндра при естественной конвекции.	6
ЛР-03. Исследование процессов теплообмена на горизонтальном трубопроводе	3
ЛР-04. Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме	3
ЛР-05. Исследование работы теплообменного аппарата	3
Итого за 3 семестр:	18

4.4.2 Примерная тема курсовых работ/курсовых проектов по вариантам: «Расчет воздухоподогревателя».

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 5 - Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1.	Теплопроводность	6
2.	Конвективный теплообмен	6
3.	Теплоотдача	6
4.	Тепломассообмен	6
5.	Лучистый теплообмен	6
6.	Расчет теплообменных аппаратов	6
	ИТОГО	36

Таблица 6 - Методические рекомендации по организации практических занятий

Практические занятия (семинары)	Трудоемкость, АЧ
ПР-01. Основные положения теории теплообмена. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность при нестационарном режиме.	8
ПР-02. Теория подобия. Пограничный слой. Теплоотдача при вынужденной конвекции. Теплоотдача при свободном движении жидкости	10
ПР-03. Теплообмен при конденсации. Теплообмен при кипении. Тепломассообмен	6
ПР-04. Теплообмен излучением	6
ПР-05. Тепловой расчет теплообменников. Гидравлический расчет теплообменников	6
Итого за 3 семестр:	36

Рекомендации к проведению практических занятий.

Работа в группах. Решение задач в соответствии с темами.

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины**7.1 Учебно-методическое обеспечение**

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины (модуля) представлено в Приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 7 - Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения
1.	Наличие учебной аудитории	Учебная мебель, доска
2.	Мультимедийное оборудование	1 компьютер, проектор, экран, выход в интернет
3.	Программное обеспечение	Microsoft Windows XP Professional. Лицензия «Open License» № 45257130; Microsoft Office 2007. Лицензия «Open License» № 47742190.

Приложение А
(обязательное)
Фонд оценочных средств
учебной дисциплины «Тепломассообмен»

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (вопросы к контрольной работе, коллоквиуму и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 - Перечень оценочных средств

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1	Контрольный опрос	Все темы раздела № 1	15	ОПК-3
2	Контрольный опрос	Все темы раздела № 2	15	
3	Контрольный опрос	Все темы раздела № 3	15	
4	Контрольный опрос	Все темы раздела № 4	15	
5	Контрольный опрос	Все темы раздела № 5	15	
6	Контрольный опрос	Все темы раздела № 6	15	
<i>Промежуточная аттестация</i>				
	Экзамен		50	
	ИТОГО		140	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.1 - Контрольный опрос

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
Количество правильных ответов	4 варианта	по 20 вопросов в комплекте

Пример одного вопроса на тему Температурный градиент – это вектор, направленный:

Для условной температуры помещения характерно:

а) по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры

б) по нормали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры

в) вдоль изотермической поверхности

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Приложение Б
(обязательное)

**Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины «Тепломассообмен»**

Таблица Б.1 – Основная литература*

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Цветков Ф.Ф, Григорьев Б.А.. Тепломассообмен. Изд. 2 МЭИ 2011.- 562с. [2005]	17	
2 Примеры и задачи по тепломассообмену: Учебное пособие / Логинов В.С., и др. – СПб.: Лань, 2011– 256с.	2	
Учебно-методические издания		
1 Рабочая программа модуля "Тепломассообмен"		
2 Виртуальная лаборатория по технической термодинамике и теплопередаче:[электронный ресурс]: Метод. указ. / Сост. Б.Ф. Кузнецов, Г.Д. Тарантова, В.А.Майоров – Великий Новгород, НовГУ, 2017- 52с. -режим доступа: www.ORL.novsu.bibliotech.ru		1

Таблица Б.2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
1. 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		
2. 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		

Таблица Б.3. – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1975. -486 с.	13	

**См. требования п. 4.3.3 ФГОС 3++ (как правило, при использовании в образовательном процессе печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра на каждого из изданий, указанных в рабочих программах дисциплин (модулей), на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль)).*

Зав. кафедрой _____ И.В. Швецов
подпись И.О.Фамилия

« 5 » февраля 2019 г.

Рабочая программа актуализирована на 20__ / 20__ учебный год.
Протокол № ____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
 Протокол № ____ заседания кафедры от «____» _____ 20__ г.
 Разработчик: _____
 Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20__/20__ учебный год.
 Протокол № ____ заседания кафедры от «____» _____ 20__ г.
 Разработчик: _____
 Зав. кафедрой _____

[illegible]