

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

  
О.Д.Асенчик

(подпись)

06.07.2015  
(дата утверждения)

Регистрационный № УД-52-07/уч.

ТЕПЛОМАССОБМЕН

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:

1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»;

1 – 43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»

Учебная программа составлена на основе:

образовательных стандартов ОСВО 1 - 43 01 05-2013 и ОСВО 1 - 43 01 07;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»:

специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

№ I 43 – 1 - 20/уч. 17.09.2013; № I 43 – 1 - 02/уч. 12.02.2014;

№ I 43 – 1 - 20/уч. 17.09.2013; № I 43 – 1 - 40/уч. 20.09.2013;

№ I 43 – 1 - 23/уч. 13.02.2014;

специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» № I 43 – 1 - 14/уч. 17.09.2013; № I 43 – 01 - 03/уч. 12.02.2014;

№ I 43 – 1 - 24/уч. 13.02.2014.

#### СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Овсянник, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

Ю.А. Степанишина, старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.М. Овчинников, заведующий кафедрой «Энергоэффективные технологии на транспорте» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук, доцент;

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 25.05.2015); УД - УП - 2 - 0055

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 9 от 26.05.2015);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 10.05.15); УДЗ - ОУ - 204

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 01.04.2015)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа учреждения высшего образования (далее – учебная программа УВО) по дисциплине «Тепломассообмен» предусматривает изучение основных законов тепломассообмена и их применение в различных теплоэнергетических и теплотехнологических процессах и установках.

### 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины – овладение закономерностями основных процессов переноса теплоты и массы, в том числе и протекающих совместно, усвоение основных результатов теоретических и экспериментальных исследований и ознакомление с путями решения современных проблем тепломассообмена, приобретение умений и навыков в проведении тепловых расчетов и решении практических задач, связанных с тепломассообменом в элементах энергетических и теплотехнологических установок.

После изучения дисциплины студент должен быть компетентен решать следующие профессиональные задачи:

- проектирование и расчет номинальных режимов работы теплообменных аппаратов;
- расчет основных параметров технологического процесса энергетических установок;
- разработка и освоение нового энергетического оборудования и процессов;
- внедрение энергосберегающих технологий и оборудования;
- повышение эффективности использования энергоресурсов.

### 2. Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием, связи с другими учебными дисциплинами

Дисциплина «Тепломассообмен» для специальности 1 – 43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» является государственным компонентом в цикле общепрофессиональных и специальных дисциплин; для специальности 1 – 43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» - государственным компонентом в цикле специальных дисциплин в системе подготовки инженеров – энергетиков.

Для изучения дисциплины необходимо знание высшей математики, физики, гидродинамики и термодинамики.

### 3. Требования к освоению учебной дисциплины (включая требования образовательного стандарта)

Освоение учебной программы УВО по дисциплине «Тепломассобмен» должно обеспечить формирование академических, социально – личностных и профессиональных компетенций.

**Требования к академическим компетенциям специалиста (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1 - 43 01 05-2013)**

Специалист должен:

- уметь применять базовые научно – теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

**Требования к академическим компетенциям специалиста (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1 - 43 01 07-2013)**

Специалист должен:

- уметь применять базовые научно – теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

**Требования к социально - личностным компетенциям специалиста (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1 - 43 01 05-2013)**

Специалист должен:

- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- уметь работать в команде.

**Требования к профессиональным компетенциям специалиста (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1 - 43 01 05-2013)**

Специалист должен быть способен:

*Производственно – технологическая и ремонтно – эксплуатационная деятельность*

- Используя показания технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам, правилам и нормам.
- На основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологического процесса производства, преобразования, распределения и потребления тепловой энергии и разрабатывать пути их устранения.
- Составлять энергетические балансы энергетических и технологических объектов и систем, определять потери топливно – энергетических ресурсов, разрабатывать организационные и технические мероприятия по повышению энергетической эффективности теплотехнологий.

***Проектная и научно – техническая деятельность***

- Осуществлять структурную и параметрическую оптимизацию развития теплоэнергетических и теплотехнологических объектов и систем на различных уровнях их жизненного цикла.

**Требования к профессиональным компетенциям специалиста (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1 - 43 01 07-2013)**

Специалист должен быть способен:

***Производственно – технологическая и ремонтно – эксплуатационная деятельность***

- В составе группы специалистов осуществлять выбор оптимальных режимов эксплуатации энергетических объектов (систем) для повышения технико – экономических показателей режимов их работы.
- Осуществлять современными инструментальными системами диагностирование и мониторинг состояния теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, включая экологические параметры.
- Выявлять причины повреждений элементов энергетического и энерготехнологического оборудования, вести их учет, разрабатывать предложения по их предупреждению.

***Монтажно – наладочная деятельность***

- Организовывать и проводить испытания энергооборудования.

***Проектная и научно – техническая деятельность***

- Разрабатывать пути снижения потерь топливно – энергетических ресурсов.

В результате изучения дисциплины «Тепломассообмен» студент специальности 1-43 01 05 должен:

***знать:***

- определения коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, массоотдачи, температуропроводности, кинетической вязкости, молекулярной диффузии;
- законы теплопроводности Фурье, теплоотдачи Ньютона-Рихмана, законы теплового излучения (Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта);

- механизмы передачи теплоты и массы в различных видах конвективного теплообмена;
- основные законы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение);
- механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях, металлах, диэлектриках;
- теплопроводность при стационарном тепловом режиме в плоской, цилиндрической и шаровой стенках;
- теплопроводность тонкой пластины, длинного цилиндра и шара при нестационарном тепловом режиме, а также регулярный режим нагревания тел различной конфигурации;
- подобия и моделирование процессов теплообмена;
- теплоотдача при вынужденной и свободной конвекции однофазной жидкости;
- конвективный массообмен, закон Фика;
- теплообмен при конденсации чистого пара и при кипении однокомпонентных жидкостей;
- особенности теплообмена излучением в поглощающих средах;
- основы теплового и гидравлического расчетов теплообменных аппаратов;

*уметь:*

- рассчитывать температурное поле тел различной геометрической формы при стационарных и нестационарных процессах теплопроводности;
- определять интенсивность теплообмена при естественной и вынужденной конвекции, при фазовых превращениях;
- рассчитывать интенсивность лучистого теплообмена между телами произвольной формы в диатермических и поглощающих средах;
- определять плотность теплового потока через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки при граничных условиях I и III родов;

*владеть методами:*

- теплового и гидромеханического расчетов теплообменных аппаратов;
- планирования и проведения экспериментальных исследований в области теплообмена;
- интенсификации теплообмена в теплотехнологических установках.

В результате изучения дисциплины «Тепломассообмен» студент специальности 1-43 01 07 должен:

*знать:*

- определения коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, массоотдачи, температуропроводности, кинетической вязкости, молекулярной диффузии;
- законы теплопроводности Фурье, теплоотдачи Ньютона-Рихмана, законы теплового излучения (Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта);
- механизмы передачи теплоты и массы в различных видах конвективного теплообмена;

- основные законы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение);
  - механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях, металлах, диэлектриках;
  - теплопроводность при стационарном тепловом режиме в плоской, цилиндрической и шаровой стенках;
  - теплопроводность тонкой пластины, длинного цилиндра и шара при нестационарном тепловом режиме, а также регулярный режим нагревания тел различной конфигурации;
  - подобия и моделирование процессов теплообмена;
  - теплоотдача при вынужденной и свободной конвекции однофазной жидкости;
  - конвективный массообмен, закон Фика;
  - теплообмен при конденсации чистого пара и при кипении однокомпонентных жидкостей;
  - особенности теплообмена излучением в поглощающих средах;
- основы теплового и гидравлического расчетов теплообменных аппаратов;

**уметь:**

- определять плотность теплового потока через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенки при граничных условиях I и III родов;
- рассчитывать температурное поле тел различной геометрической формы при нестационарных процессах теплопроводности;
- определять интенсивность теплообмена при естественной и вынужденной конвекции, при фазовых превращениях;
- рассчитывать интенсивность лучистого теплообмена между телами произвольной формы в диатермических и поглощающих средах;
- выполнять тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов различной конструкции;
- проводить экспериментальное исследование гидромеханических и тепломассообменных процессов в элементах теплоэнергетических и теплотехнологических систем.

**владеть:**

- практическими навыками в расчетах температурных полей при стационарной и нестационарной теплопроводности;
- практическими навыками в определении коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в элементах энергетического оборудования;
- практическими навыками в тепловых и гидравлических расчетах рекуперативных теплообменных аппаратах.

4. Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета по специальности, трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах

Форма получения высшего образования, распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам, а также формы текущей аттестации по учебной дисциплине представлены в таблице 1.

Таблица 1

Специальность (форма получения высшего образования)	Форма текущей аттестации				Курс	Семестр	Количес- во аудитор- ного времени, ч			Курсовая работа, ч	Всего аудиторных часов по дисциплине, ч	Всего по дисциплине, ч	Всего зачетных единиц
	экзамен	зачет	тестиров.	курсовая работа			лекции	лаб.	практ.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 -43 01 05 «Промышлен- ная теплоэнер- гетика» (дневная)	5, 6	-	-	-6	3	5	48	16	16	-	80	164	4
						6	48	16	16	40	80	166	4+1 (кр)
1 -43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудо- вания организа- ций» (дневная)	5	-	-	5	3	5	48	16	16	32	80	170	4,5+ 1(кр)
1 -43 01 05 «Промышлен- ная теплоэнер- гетика» (заочная)	7, 8	-	7	8	3	6	12	-	2	-	14	100	-
						4	7	8	4	4	-	22	230
1 -43 01 05 «Промышлен- ная теплоэнер- гетика» (заочная на основе сред- него специаль- ного образова- ния)	5	-	-	5	2	4	8	-	-	-	8	148	-
						3	5	-	4	4	40	8	182



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудо- вания организа- ций» (заочная на основе сред- него специаль- ного образова- ния)					2	4	6	—	4	—	10	96	—
	5	—	—	5	3	5	—	4	—	32	4	74	4,5+ 1 (кф)

Библиотека ГГТУ им. П.О.Скелдина

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Теплопроводность

#### Тема 1.1. Основные процессы передачи теплоты

Предмет курса, общие положения. Основные процессы передачи теплоты: теплопроводность; конвективный теплообмен; тепловое излучение. Теплоотдача. Теплопередача.

Основные количественные характеристики процессов переноса теплоты: количество теплоты, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников теплоты. Перенос вещества (массообмен)

Важнейшие этапы развития учения о тепло- и массообмене.

#### Тема 1.2. Основные положения теории теплопроводности

Механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях, металлах, твердых диэлектриках. Температурное поле. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его зависимость от различных факторов.

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Краевые условия для процессов теплопроводности; граничные условия первого, второго, третьего и четвертого родов. Закон Ньютона-Рихмана для теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.

#### Тема 1.3. Теплопроводность при стационарном режиме

Передача тепла через плоскую стенку. Распределение температуры в тонкой стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности.

Выражения для теплового потока, коэффициента теплопередачи и термического сопротивления, их анализ. Многослойная плоская стенка.

Передача тепла через цилиндрическую стенку. Распределение температур в стенке длинного цилиндра при постоянном и переменном коэффициентах теплопроводности. Выражения для теплового потока, коэффициента теплопередачи и термического сопротивления. Многослойная цилиндрическая стенка. Критический диаметр тепловой изоляции трубы. Тепловой поток и температурное поле в шаровой стенке. Теплообмен через ребренные поверхности. Эффективность ребра. Интенсификация процесса теплопередачи.

#### Тема 1.4. Теплопроводность при нестационарном режиме

Теплопроводность тонкой пластины, длинного цилиндра и шара при граничных условиях второго и третьего рода. Анализ решений. Частные случаи. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров.

Регулярный режим нагревания (охлаждения) тел. Первая и вторая теоремы Кондратьева. Темп охлаждения и его определение. Определение теплофизических характеристик материалов методом регулярного режима. Численные методы решения задач нестационарной теплопроводности.

### Раздел 2. Конвективный теплообмен

#### Тема 2.1. Основные положения конвективного теплообмена

Конвективный теплообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса. Основные физические факторы, существенные для процессов конвективного теплообмена.

Понятия о гидродинамическом и тепловом пограничных слоях. Ламинарная и турбулентная формы течения жидкости и их связь с теплообменом. Пульсации скорости и температуры в турбулентном потоке. Осреднение скоростей и температур.

Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Уравнение теплоотдачи. Уравнение энергии. Уравнение движения. Уравнение оплошности. Условия однозначности.

Тема 2.2. Подобие и моделирование процессов тепломассообмена. Общие условия подобия физических процессов. Теоремы подобия

Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Основные числа и критерии подобия. Понятие о теории размерности.

Тема 2.3. Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи.

Обработка и обобщение результатов эксперимента. Получение эмпирических уравнений конвективного теплообмена. Сущность моделирования.

Тема 2.4. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности

Теория пограничного слоя. Гидродинамический тепловой пограничные слои. Определение границ ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Соотношение толщин гидродинамического и теплового пограничных слоев. Влияние переменности физических параметров и температуры поверхности на теплоотдачу. Расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена. Область ее применения и расчетные уравнения. Расчет теплоотдачи при одновременном наличии ламинарного и турбулентного пограничных слоев.

Тема 2.5. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах

Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы. Участки гидродинамической и тепловой стабилизации. Стабилизационное течение. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы течения. Аналитические методы расчета теплоотдачи при стабилизационном течении в трубах. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Расчетные уравнения. Переходный режим. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения в изогнутых и шероховатых трубах, в каналах пластинчатых и кожухотрубных теплообменников.

Тема 2.6. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб

Режимы течения в пограничном слое при поперечном омывании цилиндра и их связь с теплоотдачей. Влияние отрыва пограничного слоя. Характер из-

менения теплоотдачи по окружности цилиндра при различных условиях омывания. Средняя теплоотдача. Расчетные уравнения. Влияние степени турбулентности набегающего потока и угла атаки. Основные типы пучков труб. Ламинарное и турбулентное течение жидкости в пучках. Ламинарный, смешанный и турбулентный режимы омывания. Изменение средней по окружности труб теплоотдачи в зависимости от номера ряда пучка. Влияние степени турбулентности потока. Влияние величины относительных шагов. Расчетные уравнения. Сравнение теплоотдачи шахматных и коридорных пучков. Теплоотдача при поперечном омывании пучков оребренных труб.

Тема 2.7. Теплоотдача при свободном движении жидкости

Факторы, обуславливающие свободное движение. Распределение температур и скоростей. Характер движения жидкости вдоль вертикальной стенки. Изменение коэффициента теплоотдачи по высоте стенки. Характер движения жидкости вблизи горизонтальных труб и пластин. Результаты теоретического расчета теплоотдачи при естественной конвекции. Экспериментальные исследования. Расчетные уравнения. Методика расчета теплоотдачи при естественной конвекции в ограниченном пространстве.

Раздел 3. Массообмен

Тема 3.1. Конвективный тепло- и массообмен

Основные положения теории массообмена. Концентрационная, термо- и бародиффузии. Закон Фика. Коэффициент диффузии.

Конвективный массообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса вещества. Плотность потока массы в процессе конвективного массообмена. Диффузионный пограничный слой. Система дифференциальных уравнений диффузионного пограничного слоя. Граничные условия на поверхности раздела фаз. Коэффициент массоотдачи. Применение теории подобия к процессам массообмена, основные числа подобия.

Тема 3.2. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны)

Мембраны. Физико – химические основы мембранных процессов. Расчет мембранных процессов и аппаратов. Мембранные аппараты. Методы очистки мембран.

Тема 3.3. Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях

Стефанов поток массы. Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду. Массо- и теплообмен из парогазовой смеси. Соотношение между коэффициентами теплоотдачи и массоотдачи. Формула Льюиса. Особенности процессов теплопереноса при химических реакциях. Химическое равновесие. Энтальпия образования компонента.

Тема 3.4. Массоперенос при сушке материалов

Тепло - и массоотдача со свободной поверхности жидкости или влажного твердого тела. Основные характеристики сушки. Перенос влаги во влажных телах. Механизм массопереноса при сушке. Усадка и деформация материала. Кинетика и динамика процесса сушки. Тепло – и массообмен при сушке.

## Раздел 4. Теплообмен при изменении агрегатного состояния

### Тема 4.1. Теплообмен при конденсации чистого пара

Условия возникновения конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Коэффициент конденсации. Термическое сопротивление фазового перехода. Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенках. Ламинарное и турбулентное течение пленки конденсата. Теоретический расчет теплоотдачи при ламинарном течении пленки. Расчет средней теплоотдачи при наличии на поверхности ламинарной и турбулентной пленки. Влияние на теплоотдачу скорости пара. Конденсация пара внутри труб. Конденсация сухого насыщенного пара на горизонтальных трубах и пучках труб. Расчет теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных пучках труб. Теплоотдача при капельной конденсации пара. Теплообмен при конденсации движущегося пара.

### Тема 4.2. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей

Условия возникновения кипения жидкости. Механизм кипения жидкости. Перегрев жидкости и наличие центров парообразования как условия возникновения паровой фазы. Образование пузырей пара. Минимальный радиус центра парообразования. Изменение диаметра пузыря во времени. Отрывной диаметр пузыря. Теплообмен между стенкой и жидкой фазой, между жидкой и паровой фазами. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении в большом объеме. Первая и вторая критические плотности теплового потока. Обобщенные и частные эмпирические зависимости для коэффициента теплоотдачи при кипении в условиях свободного движения. Теплообмен при кипении жидкости в трубах. Расчет теплоотдачи в трубах.

Механизм пленочного кипения. Расчет теплоотдачи при пленочном кипении жидкости.

## Раздел 5. Теплообмен излучением

### Тема 5.1. Основные положения лучистого теплообмена

Природа теплового излучения. Основные понятия и определения: поток излучения; поверхностная и спектральная плотность потока излучения; интенсивность (яркость) излучения; поглощательная; отражательная и пропускная способности тела. Виды потоков излучения.

Законы излучения абсолютно черного тела: Закон Планка, закон Вина, закон Стефана-Больцмана. Серое тело. Степень черноты. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Закон Ламберта.

Тема 5.2. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой

Классификация потоков излучения. Методы изучения процессов теплообмена излучением (метод многократных отражений, метод полных потоков излучения, метод «сальдо»). Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами. Теплообмен при наличии экранов. Угловые коэффициенты излучения.

### Тема 5.3. Теплообмен излучением в поглощающих средах

Поглощательная способность и степень черноты среды. Закон Бугера. Эффективная длина пути луча. Излучательная и поглощательная способности газов. Теплообмен между газом и его оболочкой. Сложный теплообмен. Числа радиационного подобия (Старка, Больцмана, Кирпичева, Бугера).

## Раздел 6. Теплообменные аппараты

### Тема 6.1. Теплообменные аппараты и их классификация

Общие сведения. Назначение теплообменников. Их классификация по принципу действия. Основы теплового и гидравлического расчетов теплообменников. Проектный и поверочный расчеты. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи.

Регенеративные теплообменные аппараты и их расчет.

### Тема 6.2. Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов

Сравнение прямотока с противотоком. Средний температурный напор. Тепловая эффективность теплообменного аппарата. Число единиц переноса теплоты. Порядок поверочного теплового расчета рекуперативного теплообменного аппарата. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

### Тема 6.3. Прочностной расчет теплообменных аппаратов

Общие положения. Расчет корпусов, днищ и крышек цилиндрических теплообменных аппаратов. Укрепление отверстий в обечайках и днищах аппаратов. Расчет трубных решеток и труб. Расчет фланцевых соединений.

Тема 6.4. Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов.

Требования правила технической эксплуатации к температуре теплообменной поверхности. Характеристика теплоизоляционных материалов. Способы определения толщины тепловой изоляции.

Тема 6.5. Методы анализа и способы повышения эффективности теплообменных аппаратов.

Методика сопоставления различных теплообменных аппаратов. Методика определения оптимальных режимов работы и основных параметров аппаратов. Значение интенсификации теплообмена. Физические основы и понятия интенсификации теплообмена. Методы оценок эффективности способов интенсификации теплообмена. Методы повышения эффективности теплообменных аппаратов.

Тема 6.6 Основные элементы и вспомогательное оборудование теплообменных аппаратов.

Конденсатоотводчики. Фланцевые соединения и теплотехническая арматура для трубопроводов. Уплотнительные материалы, прокладки. Тепловая изоляция.

### Тема 6.7. Пластинчатые теплообменники

Конструкции и применение. Типы гофрированных пластин. Коэффициенты гидравлического сопротивления. Коэффициенты теплоотдачи. Факторы, определяющие характеристики пластин. Расчет теплогидравлических характери-

стик при течении между пластин. Размещение пластин и поправочные коэффициенты. Отложения. Температурные деформации.

Тема 6.8. Регенеративные теплообменные аппараты

Общие сведения. Типы регенераторов и насадок. Характер изменения температуры теплоносителей и насадки за цикл. Тепловой расчет регенератора.

Раздел 7. Тепловые трубы и термосифоны

Общие положения. Циркуляция и передача теплоты. Распределение температуры и радиальный тепловой поток. Ограничения мощности. Выбор рабочей жидкости. Характеристики капиллярных структур.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Семанова

## ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью выполнения курсовой работы является закрепление знаний по основным разделам дисциплины, а также приобретение опыта практического применения теоретических навыков при решении теплотехнических задач.

Выполнение курсовой работы позволит овладеть навыками теплового и гидромеханического расчета теплообменного аппарата, позволит удостовериться в действенности определенных мероприятий с целью интенсификации теплообмена.

Курсовая работа состоит из расчетной части (до 30 страниц текста) и графической части (одного листа формата А1) и выполняется по следующим темам:

- тепловой конструктивный расчет рекуперативного кожухотрубчатого теплообменника;
- тепловой расчет пластинчатого теплообменника.

Работу рекомендуется выполнять последовательно, по мере изучения основных разделов курса. Исходные данные для выполнения работы студенту выдает преподаватель.

На выполнение курсовой работы студентам специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплотехника» всех форм обучения выделяется 40 часов, а для специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» - 32 часа. , 1 зар. ед.



УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальность 1 – 43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения - дневная

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знания
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия, ч/сем	
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроводность				
1.1.	Основные процессы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение)	2			экзамен
1.2.	Основные положения теории теплопроводности	5			экзамен
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме	6	8	6/V	опрос, защита лар. р.
1.4.	Теплопроводность при нестационарном режиме	5	4	4/V	опрос, защита лар. р.
2.	Конвективный теплообмен				
2.1.	Основные положения конвективного теплообмена	6			экзамен
2.2.	Подобие и моделирование процессов теплообмена	2			экзамен
2.3.	Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи	2		6/V	опрос, защита лар. р.
2.4.	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	2	2		опрос
2.5.	Теплоотдача при вынужденном течении среды в трубах и каналах	4		2/VI	опрос, защита лар. р.
2.6.	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	2	2		опрос
2.7.	Теплоотдача при свободном движении среды	2		4/VI	опрос, защита лар. р.
3.	Массообмен				
3.1.	Конвективный тепло- и массообмен	2			экзамен
3.2.	Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны)	4			экзамен
3.3.	Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях	2			экзамен
3.4.	Массоперенос при сушке материалов	2			экзамен
Всего за 5 семестр		48 ✓	16 ✓	16 ✓	-

1	2	3	4	5	6
4.	Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
4.1.	Теплообмен при конденсации чистого пара	2	3		опрос
4.2.	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	2	3		опрос
5.	Теплообмен излучением				
5.1.	Основные положения лучистого теплообмена	3			экзамен
5.2.	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой	4	2	3/VI	опрос, защита лар. р.
5.3.	Теплообмен излучением в поглощающих средах	4	2		опрос
6.	Теплообменные аппараты				
6.1.	Теплообменные аппараты и их классификация	4			экзамен
6.2.	Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	6	2	3/VI	опрос, защита лар. р.
6.3.	Прочностной расчет теплообменных аппаратов	4			экзамен
6.4.	Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов	2	2		опрос
6.5.	Методы анализа и способы повышения эффективности теплообменных аппаратов	4			экзамен
6.6.	Основные элементы и вспомогательное оборудование теплообменных аппаратов	2			экзамен
6.7.	Пластинчатые теплообменники	4			экзамен
6.8.	Регенеративные теплообменные аппараты	4			экзамен
7.	Тепловые трубы и термосифоны				
7.1.	Тепловые трубы и термосифоны	3	2	4/VI	опрос, защита лар. р.
Всего за 6 семестр		48 ✓	16 ✓	16 ✓	-
Всего по дисциплине		96 ✓	32 ✓	32 ✓	-

УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальность 1 – 43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения - заочная

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знания
		Лекции	Практические занятия, ч/сем	Лабораторные занятия, ч/сем	
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроводность				
1.1.	Основные процессы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение)	0,5			экзамен
1.2.	Основные положения теории теплопроводности	1			экзамен
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме	1,5	2/VI	2/VII	опрос, защита лар. р.
1.4.	Теплопроводность при нестационарном режиме	1	2/VII	2/VII	опрос, защита лар. р.
2.	Конвективный теплообмен				
2.1.	Основные положения конвективного теплообмена	1,5			экзамен
2.2.	Подобие и моделирование процессов теплообмена	0,5			экзамен
2.3.	Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи	0,5			экзамен
2.4.	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	0,5	2/VII		опрос
2.5.	Теплоотдача при вынужденном течении среды в трубах и каналах	1			экзамен
2.6.	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	0,5			экзамен
2.7.	Теплоотдача при свободном движении среды	0,5			экзамен
3.	Массообмен				
3.1.	Конвективный тепло- и массообмен	0,5			экзамен
3.2.	Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны)	1,5			экзамен
3.3.	Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях	0,5			экзамен
3.4.	Массоперенос при сушке материалов	0,5			экзамен
Всего за 6 семестр		12	2	-	-

1	2	3	4	5	6
4.	Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
4.1.	Теплообмен при конденсации чистого пара	0,5			экзамен
4.2.	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	0,5			экзамен
5.	Теплообмен излучением				
5.1.	Основные положения лучистого теплообмена	0,5			экзамен
5.2.	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой	0,5	1/VIII	2/VIII	опрос, защита лар. р.
5.3.	Теплообмен излучением в поглощающих средах	0,5	1/VIII		опрос
6.	Теплообменные аппараты				
6.1.	Теплообменные аппараты и их классификация	0,5			экзамен
6.2.	Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	1		2/VIII	опрос, защита лар. р.
6.3.	Прочностной расчет теплообменных аппаратов	0,5			экзамен
6.4.	Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов	0,5			экзамен
6.5.	Методы анализа и способы повышения эффективности теплообменных аппаратов	0,5			экзамен
6.6.	Основные элементы и вспомогательное оборудование теплообменных аппаратов	0,5			экзамен
6.7.	Пластинчатые теплообменники	0,5			экзамен
6.8.	Регенеративные теплообменные аппараты	0,5			экзамен
7.	Тепловые трубы и термосифоны				
7.1.	Тепловые трубы и термосифоны	0,5	2		опрос
Всего за 7 семестр		8	4	4	-
Всего за 8 семестр		-	2	4	-
Всего по дисциплине		20 ✓	8 ✓	8 ✓	-

## УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальность 1 – 43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения – заочная на основе среднего специального образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знания
		Лекции	Практические занятия, ч/сем	Лабораторные занятия, ч/сем	
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроводность				
1.1.	Основные процессы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение)	0,5			экзамен
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме	0,5	2/V	2/V	опрос, защита лар. р.
1.4.	Теплопроводность при нестационарном режиме	0,5	2/V		опрос, защита лар. р.
2.	Конвективный теплообмен				
2.1.	Основные положения конвективного теплообмена	0,5			экзамен
2.2.	Подобие и моделирование процессов теплообмена	0,5			экзамен
3.	Массообмен				
3.1.	Конвективный тепло- и массообмен	0,5			экзамен
4.	Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
4.1.	Теплообмен при конденсации чистого пара	0,5			экзамен
4.2.	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	0,5			экзамен
5.	Теплообмен излучением				
5.1.	Основные положения лучистого теплообмена	0,5			экзамен
5.2.	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой	0,5			экзамен
5.3.	Теплообмен излучением в поглощающих средах	0,5			экзамен
6.	Теплообменные аппараты				
6.1.	Теплообменные аппараты и их классификация	0,5			экзамен
6.2.	Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	0,5		2/V	опрос, защита лар. р.
6.4.	Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов	0,5			экзамен

1	2	3	4	5	6
6.7.	Пластинчатые теплообменники	0,5			экзамен
6.8.	Регенеративные теплообменные аппараты	0,5			экзамен
Всего за 4 семестр		8	-	-	-
Всего за 5 семестр		-	4	4	-
Всего по дисциплине		8	4	4	-

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

## УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальность 1 – 43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»

Форма обучения - дневная

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знания
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроводность				
1.1.	Основные процессы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение)	1			экзамен
1.2.	Основные положения теории теплопроводности	2,5			экзамен
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме	3	4	2	опрос, защита лар. р.
1.4.	Теплопроводность при нестационарном режиме	2,5	2	2	опрос, защита лар. р.
2.	Конвективный теплообмен				
2.1.	Основные положения конвективного теплообмена	3			экзамен
2.2.	Подобие и моделирование процессов теплообмена	1			экзамен
2.3.	Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи	1		2	опрос, защита лар. р.
2.4.	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	1	1		опрос
2.5.	Теплоотдача при вынужденном течении среды в трубах и каналах	2		2	опрос, защита лар. р.
2.6.	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	1	1		опрос
2.7.	Теплоотдача при свободном движении среды	1		4	опрос, защита лар. р.
3.	Массообмен				
3.1.	Конвективный тепло- и массообмен	1			экзамен
3.2.	Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны)	2			экзамен
3.3.	Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях	1			экзамен
3.4.	Массоперенос при сушке материалов	1			экзамен

1	2	3	4	5	6
4.	Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
4.1.	Теплообмен при конденсации чистого пара	1	1,5		опрос
4.2.	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	1	1,5		опрос
5.	Теплообмен излучением				
5.1.	Основные положения лучистого теплообмена	1,5			экзамен
5.2.	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой	2	1	2	опрос, защита лар. р.
5.3.	Теплообмен излучением в поглощающих средах	2	1		опрос
6.	Теплообменные аппараты				
6.1.	Теплообменные аппараты и их классификация	2			экзамен
6.2.	Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	3	1	2	опрос, защита лар. р.
6.3.	Прочностной расчет теплообменных аппаратов	2			экзамен
6.4.	Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов	1	1		опрос
6.5.	Методы анализа и способы повышения эффективности теплообменных аппаратов	2			экзамен
6.6.	Основные элементы и вспомогательное оборудование теплообменных аппаратов	1			экзамен
6.7.	Пластинчатые теплообменники	2			экзамен
6.8.	Регенеративные теплообменные аппараты	2			экзамен
7.	Тепловые трубы и термосифоны				
7.1.	Тепловые трубы и термосифоны	1,5	1		опрос
Всего за 5 семестр		48	16	16	-
Всего по дисциплине		48 ✓	16 ✓	16 ✓	-



## УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальность 1 – 43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»  
 Форма обучения – заочная на основе среднего специального образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знания
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Теплопроводность				
1.1.	Основные процессы передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение)	0,5			экзамен
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме	0,5	2	2	опрос, защита лар. р.
1.4.	Теплопроводность при нестационарном режиме	0,5	2		опрос, защита лар. р.
2.	Конвективный теплообмен				
2.1.	Основные положения конвективного теплообмена	0,5			экзамен
3.	Массообмен				
3.1.	Конвективный тепло- и массообмен	0,5			экзамен
4.	Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
4.1.	Теплообмен при конденсации чистого пара	0,5			экзамен
4.2.	Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости	0,5			экзамен
5.	Теплообмен излучением				
5.1.	Основные положения лучистого теплообмена	0,5			экзамен
6.	Теплообменные аппараты				
6.1.	Теплообменные аппараты и их классификация	0,5			экзамен
6.2.	Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов	0,5		2	опрос, защита лар. р.
6.7.	Пластинчатые теплообменники	0,5			экзамен
6.8.	Регенеративные теплообменные аппараты	0,5			экзамен
Всего за 4 семестр		6	4	-	-
Всего за 5 семестр		-	-	4 ✓	-
Всего по дисциплине		6 ✓	4 ✓	4 ✓	-

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва: АСВ, 2005. - 460 с УДК [621.1.016.4+536.24](075.8) ББК 31
2. Кутателадзе С.С. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. - Москва: Энергия, 1972. - 342 с. УДК 532.526.4
3. Лыков, А.В. Тепломассообмен : справочник / А.В. Лыков. - Москва: Энергия, 1972. - 560 с. УДК 536.24(035) ББК 22
4. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва: Энергоиздат, 1982. - 510 с. - (Справ. серия "Теплоэнергетика и теплотехника") УДК 621.1(035).ББК 31
5. Цветков, Ф.Ф. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. - 2-е изд. - Москва: МЭИ, 2005. - 549с. УДК [621.1.016.4+536.24](075.8) ББК 31
6. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2006. - 549с. УДК [621.1.016.4+536.24](075.8)
7. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / В.А. Григорьев [и др.]; под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва: Энергоатомиздат, 1989. - Кн. 4. - 586 с.
8. Котляр Я.Н. Методы и задачи тепломассообмена: учеб. пособие для студ. вузов. - Москва: Машиностроение, 1987. - 318 с.. - (Для вузов) УДК 536.24

### Дополнительная литература

1. Лабораторные работы по тепломассообмену для студентов спец. Т.01.01 "Электроэнергетика", Т.01.02 "Теплоэнергетика", Э.01.03 "Экономика и управление предприятием" / Малевич Ю.А. ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика". - Минск: БГПА, 2000. - 41 с. УДК 621.1
2. Лосюк Ю.А. Методическое пособие по применению ЭВМ при выполнении лабораторных работ по курсам "Техническая термодинамика" и "Тепломассообмен" для студентов энергетических и неэнергетических специальностей /М-во образования Республики Беларусь, Бел. гос. политехн. Академия. - Минск: БГПА, 1993. - 12 с. УДК 004:621.1.016
3. Математическое моделирование и оптимизация процессов тепломассообмена в установках промышленной теплоэнергетики: межвуз. сборник науч. трудов / Ивановский энeгет. ин-т им. В.И. Ленина. - Иваново: Ивановский гос. ун-т, 1983. - 96с. УДК 536.24
4. Тепломассообмен: практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной и заочной

форм обучения / М.Н. Новиков, А.В. Овсянник, А.В. Шаповалов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2011. - 28 с.

УДК 536.24(075.8) ББК 31.31я73

5. Теплообмен: методические указания к курсовой работе по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" / А.В. Овсянник, М.Н. Новиков, А.В. Шаповалов; каф. "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2007. - 37 с.

УДК 536.24(075.8)

6. Термодинамика. Теплообмен. Теплообменные аппараты. Нагнетатели и гидравлические машины: практическое пособие к лабораторным работам по курсам "Термодинамика и теплоустойчивость", "Термодинамика и теплопередача" для студентов технических специальностей / Н.Н. Михневич, А.Б. Танцурич, Н.А. Вальченко; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2002. - 67 с. УДК 621.1

7. Цветков Ф.Ф. Задачник по теплообмену: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп.. - Москва: МЭИ, 2008. - 195 с.

УДК [621.1.016.4+536.24](075.8)

#### Электронные учебно – методические комплексы

1. Овсянник, А.В. Теплообмен: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / А.В. Овсянник, М.Н. Новиков, А.В. Шаповалов. - Гомель: ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск УДК 536.24 ББК 22

URI: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1495>

#### Электронный ресурс

1. Теплообмен [Электронный ресурс]: курс лекций для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" дневной и заочной форм обучения и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной формы обучения / А.В. Овсянник, М.Н. Новиков, А.В. Шаповалов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2010. - 212 с. УДК 536.24(075.8) ББК 31.31я73

URI: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1856>

*Список литературы сверен РЭ - Жестякова М.В.*

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных практических работ;
- защита выполненных лабораторных работ;
- защита выполненной курсовой работы;

– сдача экзамена.


#### Перечень лабораторных занятий

1. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом пластины.
2. Определение коэффициента теплопроводности с использованием измерителя ИТ –  $\lambda$  -400.
3. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов методом цилиндров.
4. Исследование процесса нагрева тел различной конфигурации при нестационарном режиме.
5. Определение коэффициентов температуро – и теплопроводности методом регулярного режима.
6. Исследование теплоотдачи при естественной конвекции воздуха около горизонтального и вертикального цилиндров.
7. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха.
8. Теплоотдача горизонтальной оребренной трубы при свободной конвекции.
9. Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом.
10. Исследование теплового процесса в теплообменном аппарате типа «труба в трубе».
11. Исследование процесса теплопередачи в тепловых трубах.
12. Исследование теплообмена на тепловых трубах.

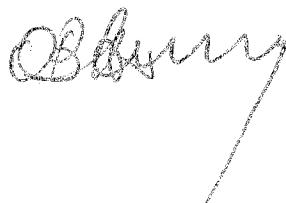
#### Перечень практических занятий

1. Стационарная теплопроводность плоской стенки.
2. Стационарная теплопроводность цилиндрической стенки.
3. Расчет тепловой изоляции труб.
4. Нестационарная теплопроводность.
5. Теплоотдача при вынужденном продольном и поперечном омывании труб.
6. Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости.
7. Теплообмен при конденсации чистого пара.
8. Теплообмен излучением между телами в прозрачных и поглотительных средах.
9. Тепловой и гидравлический расчеты теплообменных аппаратов.
10. Конструктивный расчет тепловой изоляции теплообменных аппаратов.
11. Тепловые трубы и термосифоны.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Промышленные тепло-массообменные процессы и установки	Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»		протокол №6 от 25.05.2015 

Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент



А.В. Овсянник