

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
_____ Кузнецов Г.В.
«_____» _____ 2013 г.

АННОТАЦИЯ МОДУЛЯ (ТЕПЛОМАССОБМЕН)

1. Наименование модуля (дисциплины) Тепломассообмен
2. Условное обозначение (код) в учебных планах ПЦ.Б.11.0
3. Направление (специальность) (ООП)140100 Теплоэнергетика и теплотехника
4. Квалификация (степень) бакалавр
5. Обеспечивающее подразделение кафедра Теоретической и промышленной теплотехники
6. Преподаватель Борисов Б.В., тел. 564-010, вн. 1633
9. Результаты освоения модуля (дисциплины):

В результате освоения дисциплины студент должен самостоятельно выполнять расчетные работы, связанные с созданием и анализом работы теплотехнических приборов для успешной работы в коллективах по разработке, проектированию и эксплуатации различных систем.

После изучения данной дисциплины магистры приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы. Соответствие результатов освоения дисциплины «Тепломассообмен» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Таблица 1.
*Составляющие результатов обучения, которые будут получены при
изучении данной дисциплины*

Результаты Обучения (компетенци и Из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P2 (ОК-3)	32.3	основ профессиональной этики и норм профессиональной деятельности на теплоэнергетическом производстве	У2.3	демонстрировать личную ответственность при ведении профессиональной деятельности	В2.1	руководства отдельными группами исполнителей при решении комплексных инженерных задач
P7 (ПК-2,3)	37.1	основных законов естественнонаучных и математических дисциплин	У7.1	использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности в процессах производства, трансформации, транспортировки тепловой и электрической энергии и управления этими процессами	В7.1	создания моделей процессов производства, трансформации, транспортировки тепловой и электрической энергии с использованием основных законов естественнонаучных и математических дисциплин
P10(ПК-18)	310. 2 310. 4	методик обработки результатов экспериментов и соответствующих пакетов прикладных программ;	У10. 2	проводить стандартные испытания по определению теплофизических и термодинамических свойств жидкостей и газов	В10. 2	экспериментального определения теплофизических и термодинамических свойств жидкостей и газов
P12 (ПК-12,25)	312. 1	критериев выбора и создания теплоэнергетического оборудования, средств измерения и автоматизации	У12. 1	пользоваться инструментами и технологией ведения практической инженерной деятельности	В12. 1	пользоваться инструментами и технологией ведения практической инженерной деятельности

P15 (ПК-25)	315.1	методик испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования	У15.1	контролировать работу системы АСУ объектом	В15.1	использования методик испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства
-------------	-------	--	-------	--	-------	--

В результате освоения дисциплины «Тепломассообмен» студентом должны быть достигнуты следующие результаты

Планируемые результаты освоения дисциплины «Тепломассообмен»

Таблица № 2

№	Результат
РД 1	Освоить основные понятия и определения тепломассообмена
РД 2	Освоить понятия и закономерности основных процессов переноса теплоты
РД3	Освоить методы анализа полей температур при различных процессах тепломассопереноса
РД4	Освоить методы экспериментальной оценки параметров тепломассопереноса
РД5	Освоить методы определения тепловых потоков применительно к основным теплотехническим приборам

Содержание теоретического раздела

Раздел 1. Введение. Понятия, параметры и основные законы теплообмена. Теплопроводность

Основные понятия и определения теории тепломассообмена. Предмет и задачи теории тепломассообмена. Основные процессы передачи теплоты и массы. Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Теплоотдача. Теплопередача. Макроскопический характер учения о теплоте. Современные проблемы тепломассообмена. Вклад отечественных ученых в развитие тепломассообмена.

Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Механизм передачи теплоты в металлах, диэлектриках, жидкостях и газах. Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Теплообмен излучением. Понятие о сложном теплообмене.

Теория теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.

Теплопроводность при стационарном режиме. Передача теплоты через однослойную и многослойную плоские стенки при граничных условиях I рода. Распределение температур при переменном и постоянном коэффициенте теплопроводности. Передача теплоты через однослойную и многослойную цилиндрическую стенки при граничных условиях I и III рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Критический диаметр изоляции. Передача теплоты через шаровую стенки.

Способы интенсификации процессов теплопередачи. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения. Теплопередача через плоскую ребристую стенку. Связь вопросов интенсификации и энергетических ресурсов и повышения эффективности производства. **Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты.** Теплопроводность в неограниченной плоской стенке и круглом стержне в случае постоянного коэффициента теплопроводности при наличии внутренних источников теплоты. Теплопроводность в неограниченной цилиндрической стенке при наличии внутренних источников теплоты и:

- а) отводе теплоты через наружную поверхность;
- б) отводе теплоты через внутреннюю поверхность;
- в) отводе теплоты через наружную и внутреннюю поверхности.

Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме. Методы решения задач теплопроводности при нестационарном режиме. Теплопроводность тонкой пластины, длинного цилиндра при граничных условиях III рода. Анализ решений, частные случаи

Нагревание (охлаждение) параллелепипеда и цилиндра конечной длины. Определение количества теплоты, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности. Регулярный режим нагревания (охлаждения) тел. Численные методы решения задач теплопроводности. Использование современной вычислительной техники.

Перечень лабораторных работ по разделу:

1. Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити.
2. Определение степени черноты вольфрамовой проволоки.

Перечень практических занятий:

1. Расчеты теплопроводности и теплопередачи плоской стенки;
2. Расчеты теплопроводности и теплопередачи цилиндрической стенки;
3. Расчеты теплопроводности и теплопередачи ребренных стенок;
4. Расчеты теплопроводности тел с внутренними источниками теплоты;
5. Расчеты нестационарной теплопроводности.

Самостоятельная работа студентов:

Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и практических занятиях с использованием дополнительной литературы.

Раздел 2. Основные понятия и закономерности конвективного тепло- и массообмена.

Конвективный теплообмен. Основные положения конвективного теплообмена. Теплоотдача в однофазных жидкостях, при фазовых и химических превращениях, при вынужденной и естественной конвекции. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процессов течения и теплоотдачи. Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном течениях жидкости. Динамический и тепловой пограничный слой. Основные допущения теории плоского пограничного слоя. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена, условия однозначности.

Основы метода подобия и моделирования. Пи – теорема, приведение уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Числа подобия. Общие условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов. Сущность моделирования. Обобщение опытных данных и получение эмпирических зависимостей.

Свободно-конвективный теплообмен в однофазной среде. Теплоотдача при свободном течении жидкости у вертикальной стенки, вблизи горизонтальных труб и пластин. Анализ задачи о конвективном теплообмене при свободном движении жидкости методом подобия. Расчетные уравнения для теплоотдачи. Теплообмен при свободной конвекции в замкнутых объемах.

Теплоотдача при вынужденном течении однофазной среды. Продольное обтекание плоской поверхности. Характер вынужденного неизотермического течения и теплообмена на плоской поверхности. Теплоотдача при ламинарном течении в пограничном слое, метод теоретического расчета; расчетные уравнения, полученные опытным путем. Теплоотдача при турбулентном течении в пограничном слое. Осреднение уравнений неразрывности, движения и энергии для турбулентных потоков; коэффициенты турбулентного переноса количества движения и теплоты. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб и пучков труб, течения и теплообмен при движении жидкометаллических теплоносителей. Теплоотдача при больших скоростях. Результаты решения уравнений пограничного слоя. Критериальные уравнения. Аэродинамическое нагревание.

Конвективный теплообмен при вынужденном течении однофазной среды в трубах. Особенности течения и теплообмена. Начальные участки гидродинамической и тепловой стабилизации. Стабилизированное течение. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах. Методы расчета теплообмена с использованием современной вычислительной техники.

Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Конденсация пара на вертикальных стенках. Теплоотдача при ламинарном течении пленки. Метод теоретического расчета. Влияние различных факторов на теплоотдачу. Теплоотдача при смешанном режиме стекания пленки конденсата; метод расчета; расчетные уравнения для теплоотдачи. Конденсация пара на горизонтальных трубах и пучках труб. Характер обтекания конденсатом пучков труб, изменение теплоотдачи по рядам, влияние скорости пара и других факторов. Расчет теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных пучках труб.

Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Механизм переноса теплоты при кипении. Влияние смачиваемости стенки жидкостью, краевой угол. Рост, отрыв и движение пузырей пара. Минимальный радиус центра парообразования; число действующих центров парообразования. Режимы кипения жидкости в большом объеме. Кривая кипения при "паровом" и "электрическом" обогреве. Первая и вторая критические плотности теплового потока. Расчет критических тепловых нагрузок. Зависимость коэффициента теплоотдачи от давления, физических свойств жидкости, состояния поверхности и других факторов при кипении в большом объеме. Теплообмен при кипении жидкости в трубах; зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости циркуляции, плотности теплового потока и других факторов. Расчет теплоотдачи в трубах.

Конвективный тепло- и массообмен. Основные положения теории массообмена. Концентрационная термо- и бародиффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Факторы, влияющие на 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 методов подобия и размерностей к процессам массообмена. Диффузионное число Нуссельта, диффузионное число Прандтля. Аналогия процессов тепло- и массообмена.

Раздел 3. Основные понятия и закономерности теплообмена излучением.

Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Природа теплового излучения. Лучистый поток. Плотность лучистого потока. Интенсивность излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способность тел. Законы излучения абсолютно черного тела: Стефана – Больцмана, Планка, Вина. Серое тело. Степень черноты. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Закон Ламберта..

Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Виды лучистых потоков, их взаимная связь. Интегральные уравнения

излучения. Угловые коэффициенты и взаимные поверхности. Определение угловых коэффициентов. Метод Поляка. Зональный метод расчета теплообмена излучением. Расчет теплообмена излучением в системе двух и более тел.

Особенности теплообмена излучением в поглощающих средах, теплообмена излучением между излучающим газом или паром и теплообменной поверхностью.

Перечень лабораторных работ по разделу:

1. Определение параметров вынужденного движения жидкости по трубам;
2. Исследование теплопередачи при вынужденном движении жидкости по трубам.

Перечень практических занятий:

1. Расчеты теплоотдачи при свободно-конвективном движении жидкости в неограниченном объеме;
2. Расчеты теплоотдачи при свободно-конвективном движении жидкости в ограниченном объеме;
3. Расчеты теплоотдачи при вынужденном движении жидкости;
4. Расчеты теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки, разделяющие свободно-конвективное движение и вынужденную конвекцию жидкостей;
5. Расчеты теплоотдачи при конденсации. Расчеты теплоотдачи при парообразовании.

Самостоятельная работа студентов:

Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и практических занятиях с использованием дополнительной литературы.

Раздел 4. Понятия сложного теплообмена. Теплообменники

Теплопередача со сложным теплообменом. Сложный теплообмен как совокупность одновременно протекающих процессов теплопроводности, конвекции и излучения. Теплопередача со сложным теплообменом на границах: расчет теплотерь трубопроводов, газоходов и т.п., расчет теплопередачи в пучках трубок; расчет сложного теплообмена внутренних поверхностей каналов с движущимся внутри них диатермичным газом при неодинаковых температурах стенок.

Теплообменные аппараты. Общие сведения. Назначения теплообменников. Их классификация по принципу действия. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменников; конструкторский и поверочный расчет. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. Средний температурный напор. Определение среднего температурного напора для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока. Определение поверхности теплообмена при переменном коэффициенте теплопередачи. Вычисление конечной температуры теплоносителей. Выражение для полного падения давления в

теплообменнике. Затраты напора, обусловленные ускорением потока и преодолением гидростатического давления столба жидкости. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя.

Перечень лабораторных работ по разделу:

Определение коэффициента теплопередачи при вынужденной конвекции по оребренным трубам.

Перечень практических занятий:

1. Расчеты теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки, с различными механизмами и режимами теплоотдачи на поверхностях;
2. Расчеты теплообмена излучением системы тел, разделенных диатермической средой;
3. Расчеты теплообмена излучающего газа с поверхностью;
4. Расчеты теплообменных аппаратов.

Самостоятельная работа студентов:

Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и практических занятиях с использованием дополнительной литературы.

10. Курс **3** семестр **5** количество кредитов **6**

11. Пререквизиты МЕЦ.Б.1.0, МЕЦ.Б.1.1, МЕЦ.Б.1.2, МЕЦ.Б.1.3 «Математика», МЕЦ.Б.4.0, МЕЦ.Б.4.1, МЕЦ.Б.4.2, МЕЦ.Б.4.3, «Физика», МЕЦ.Б.6.0 «Химия», МЕЦ.В.1.0 «Теория вероятности и математическая статистика», ПЦ.Б.9.0 «Техническая термодинамика»

12. Кореквизиты: ПЦ.Б.10.0 «Тепломассообмен», ПЦ.Б.9.0 «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях», ПЦ.Б.11.0 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», ПЦ.В.2.0 «Тепловые и атомные электрические станции», ПЦ.В.1.1.0 «Котельные установки и парогенераторы», ПЦ.В.1.4.0 «Паротурбинные и парогазовые установки», ПЦ.В.1.3.0 «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», ПЦ.В.1.2.0 «Турбины тепловых и атомных электрических станций».

13. Вид аттестации (экзамен, зачет): экзамен

Авторы: Борисов Б.В.