



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕПЛОМАССОБМЕН

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль программы

Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Заочная

Институт
Кафедра
Курс

Энергетики и автоматизированных систем
Теплотехнических и энергетических систем
3, 4

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем «25» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  / Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена:

ассистент кафедры ТиЭС

 / С.В. Матвеев /

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО «ММК», к.т.н.

 / В.Н. Михайловский /

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Тепломассообмен» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль подготовки - Энергообеспечение предприятий.

Задачи дисциплины:

- усвоение студентами основных разделов предмета;
- ознакомление студентов с основными физическими моделями и способами переноса теплоты и массы в неподвижных и движущихся средах;
- изучение методов расчета потоков теплоты и массы, полей температуры и концентрации компонентов смесей;
- освоение методов экспериментального изучения процессов теплообмена и определения переносных свойств;
- развитие способности обучаемых к физическому и математическому моделированию процессов переноса теплоты (массы), протекающих в реальных физических объектах, в частности, в установках энергетики и промышленности.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.Б.19 «Тепломассообмен» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в результате изучения дисциплин Математика (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, численные методы, уравнения математической физики), Физика (молекулярная физика, термодинамика), Химия (химическая термодинамика, химическое и фазовое равновесие), Гидрогазодинамика (основные физические свойства жидкостей и газов, подобие гидромеханических процессов, уравнение движения вязкой жидкости, режимы движения, пограничный слой), Техническая термодинамика (первый и второй закон термодинамики, идеальные и реальные газы, водяной пар, фазовые диаграммы).

Знания и умения студентов, полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимыми для освоения таких дисциплин вариативной части блока 1 образовательной программы, как: Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий, Теплообменное оборудование промышленных предприятий, Основы трансформации теплоты, Моделирование процессов гидрогазодинамики и теплообмена.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Тепломассообмен» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК -2	Способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Знать:	Фундаментальные и основные определения и понятия в области теплообмена. Методы анализа и моделирования соответствующих процессов теплообмена.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Уметь:	Объяснять типичные модели задач в области «Тепломассообмена». Распознавать эффективное решение от неэффективного при решении задач в области «Тепломассообмена». Обсуждать способы эффективного решения.
Владеть:	Основными методами моделирования в области «Тепломассообмена». Применением основ тепломассообмена для решения задач повышенной сложности. Умениями анализировать способы теоретического и экспериментального исследования в области данной дисциплины.
ПК-4 Способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	
Знать:	Основные методы проведения экспериментов в области «Тепломассообмена» для типовых задач по известным правилам и алгоритмам. Способы обработки результатов проведенных экспериментов в своей профессиональной деятельности.
Уметь:	Планировать экспериментальные исследования. Оценивать значимость, правильность и практическую пригодность полученных результатов.
Владеть:	Основными методами математического аппарата для обработки полученных экспериментальных результатов в области «Тепломассообмена». Навыками и методиками обобщения результатов экспериментальной деятельности с использованием современных информационных технологий.

4. Структура и содержание дисциплины "Тепломассообмен" для заочной формы обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 единиц - 324 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 25,2 акад. часов:
 - аудиторная— 20 акад. часов;
 - внеаудиторная — 5,2 акад. часа;
- самостоятельная работа – 286,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 12,6 акад. часов.

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1) Раздел. Введение. Способы теплообмена.	3				7	Проработка лекционного материала (Раздел 1 п.6.1)	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
Итого по разделу 1.	3				7			
2) Раздел. Стационарные процессы теплопроводности	3	0,5		0,5/0,5И				
2.1. Тема. Основные положения теории теплопроводности	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала (Раздел 2 п 6.1. № 1-7).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
2.2. Тема. Дифференциальное уравнение теплопроводности	3				7	Проработка лекционного материала (Раздел 2 п 6.1. № 8-16).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
2.3. Тема. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для плоской стенки.	3				7	Проработка лекционного материала. Подготовка отчета по лабораторному практикуму. (Раздел 2 п 6.1. № 17-21).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)	ОПК-2– зув ПК-4-зув

2.4. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для цилиндрической и шаровой стенок	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 2 п 6.1. № 22-24).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
2.5. Способы интенсификации теплопередачи	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала. (Раздел 2 п 6.1. № 25-36).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
Итого по разделу 2	3	1,5		1,5/1,5И	35			
3) Раздел. Нестационарные процессы теплопроводности	3							
3.1. Тема. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для пластины	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала (Раздел 3 п 6.1. № 1-11). Подготовка отчета по лабораторному практикуму.	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)	ОПК-2– зув ПК-4-зув
3.2. Тема. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для сплошного цилиндра при нестационарном режиме. Нагрев тел конечных размеров.	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 3 п 6.1. № 1-13).	Наличие конспектов лекций. Решение тестов.	ОПК-2– зув
Итого по разделу 3	3	0,5		0,5/0,5И	14			
4) Раздел. Конвективный теплообмен в однородной среде	3							
4.1. Тема. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия к изучению процессов конвективного теплообмена.	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала. (Раздел 4 п 6.1. № 1-20). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)	ОПК-2– зув ПК-4-зув

4.2. Тема. Теплоотдача при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 4 п 6.1. № 21-25). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос)	ОПК-2– зув ПК-4-зув
4.3. Тема. Свободная конвекция	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 4 п 6.1. № 26-33). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Итого по разделу 4	3	0,5		0,5/0,5И	21			
5) Раздел. Теплообмен при фазовых превращениях	3							
5.1. Тема. Теплообмен при конденсации пара	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала. (Раздел 5 п 6.1. № 1-4).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
5.2. Тема. Теплообмен при кипении жидкости (в неограниченном объеме, в условиях вынужденного движения в трубах)	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 5 п 6.1. № 5-10). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос). Решение тестов.	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Итого по разделу 5	3	0,5		0,5/0,5И	14			
б) Раздел. Теплообмен излучением	3							
6.1. Тема. Основные законы теплового излучения	3	0,5		0,5/0,5И	7	Проработка лекционного материала. (Раздел 6 п 6.1. № 1-17).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
6.2. Тема. Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 6 п 6.1. № 18-29). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Итого по разделу 6	3	0,5		0,5/0,5И	14			

7) Раздел. Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах	3				7	Проработка лекционного материала. (Раздел 7 п 6.1. № 1-16). Подготовка отчета по лабораторному практикуму	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос). Решение тестов.	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Итого по разделу 7	3				7			
8) Раздел. Массообмен.	3							
8.1. Тема. Аналогия процессов массо- и теплообмена. Математическое описание и закономерности процессов молекулярного массо- и теплообмена	3	0,5		0,5/0,5И	10	Проработка лекционного материала. (Раздел 8 п 6.1. № 1-6).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
8.2. Тема. Дифференциальное уравнение и закономерности конвективного массопереноса; массоотдача	3				9,4	Проработка лекционного материала. (Раздел 8 п 6.1. № 7-14).	Наличие конспектов лекций	ОПК-2– зув
Итого по разделу 8	3	0,5		0,5/0,5И	19,4			
Итого по дисциплине (3 курс)	3	4		4/4И	131,4			
Промежуточный контроль (зачет)	3						Устный зачет	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Курсовая работа								
1. Тема. Теплопроводность тел неограниченных размеров при нестационарном тепловом режиме	4	2		0,5/0,5И	40	Выполнение задачи №1 курсовой работы	Наличие решенной задачи	ОПК-2– ув
2. Тема. Расчет теплоотдачи при вынужденной конвекции при движении жидкости вдоль плоской поверхности	4	2		0,5/0,5И	40	Выполнение задачи №2 курсовой работы	Наличие решенной задачи	ОПК-2– ув

3. Тема. Расчет лучистого теплообмена между газом и твердой поверхностью	4	2		0,5/0,5И	40	Выполнение задачи №3 курсовой работы	Наличие решенной задачи	ОПК-2– ув
4. Тема. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов	4	2		0,5/0,5И	34,8	Выполнение задачи №4 курсовой работы	Наличие решенной задачи	ОПК-2– ув
Итого по дисциплине (4 курс)	4	8		4/4И	154,8			
Промежуточный контроль (защита курсовой работы, экзамен)	4					Подготовка и оформление курсовой работы	Защита курсовой работы/экзамен	ОПК-2– зув ПК-4-зув
Итого по дисциплине		12		8/8И	286,2			

5. Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Тепломассообмен» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

В процессе изучения курса «Тепломассообмен» применяются следующие образовательные технологии:

1. **Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии расчетной работы.

2. **Работа в команде** – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. **Междисциплинарное обучение** – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

Формы, методы и средства организации и проведения образовательного процесса

а) формы, направленные на теоретическую подготовку:

Лекция. Используются типы лекций: вводная, мотивационная (возбуждающая интерес к осваиваемой дисциплине), подготовительная (готовящая студентов к более сложному материалу), интегрирующая (дающая общий теоретический анализ предшествующего материала), установочная (направляющая студентов к источникам информации для дальнейшей самостоятельной работы). На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (видео материалов (через Интернет.)).

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа. Самостоятельная работа выполняется студентом в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах и лабораториях, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Организация самостоятельной работы студента предусматривает контролируемый доступ к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсу Интернет.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки к контрольным работам, защите лабораторных работ, курсовой работы, тестированию и экзамену. Самостоятельная работа студентов подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное программное обеспечение.

Консультация. Предусматривается получение студентами профессиональных консультаций и помощи со стороны преподавателя.

б) формы, направленные на практическую подготовку:

Практическое занятие. Эта форма обучения направлена на практическое освоение и закрепление теоретического материала, изложенного на лекциях. Практические занятия предназначены для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов и организуются в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи.

Лабораторная работа. Лабораторная работа должна помочь практическому освоению научно - теоретических основ изучаемой дисциплины, закреплению лекционного материала, приобретению навыков экспериментальной работы. Применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

На лабораторных занятиях по дисциплине студенты овладевают навыками инженерных теплотехнических расчетов на основании изложенных лекционных тем. Защита лабораторного практикума проводится преподавателем у конкретных бригад студентов, выполни-

ших и рассчитавших данную лабораторную работу. При защите лабораторных работ необходимо обратить внимание на то, как студент понимает цель данной работы, владеет теоретическими знаниями и правильно делает выводы на основании полученных практических результатов. Минимальный перечень вопросов оценки знаний студентов при защите лабораторных работ приведен в методических рекомендациях.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа стимулирует студентов к проработке тем в процессе подготовки к практическим занятиям и при выполнении курсовой работы и осуществляется:

- во время аудиторных практических занятий;
- под контролем преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов.

6.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля

Перечень вопросов для текущего контроля

Раздел 1:

1. Какова роль теплоэнергетики в развитии экономики страны?
2. Какие основные задачи развития российской теплоэнергетики вам известны?
3. Физическая сущность процессов переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Раздел 2:

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
2. Понятие температурного поля.
3. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
4. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
5. Понятие градиента температуры.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
10. В каких случаях требуется задание начальных условий?
11. Как задаются граничные условия 1 рода?
12. Как задаются граничные условия 2 рода?
13. Как задаются граничные условия 3 рода.
14. Как задаются граничные условия 4 рода?
15. Какой тепловой режим называется стационарным?
16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
17. Закон Ньютона – Рихмана.
18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
20. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной плоской стенки при $\lambda = \text{const}$?
21. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
22. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
23. Решение д.у. для цилиндрической стенки и граничных условий 1 и 3 го родов.

24. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку.
25. Что понимается под процессом теплопередачи?
26. Уравнение теплопередачи.
27. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
28. Чем отличается α от K ?
29. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
30. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
31. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?
32. Записать выражение полного термического сопротивления для плоской стенки.
33. Методы интенсификации теплопередачи.
34. При $\alpha_1 \gg \alpha_2$ какой из коэффициентов теплоотдачи следует увеличить для увеличения коэффициента теплопередачи K ?
35. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить ребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?
36. Привести пример теплообменных аппаратов, работающих при стационарном тепловом режиме.

Раздел 3:

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
3. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
4. Понятие безразмерной температуры.
5. Число Био, его физический смысл.
6. Формула и физический смысл числа Фурье.
7. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
8. Какие тела называются термически массивными?
9. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
10. Какие тела называются термически тонкими?
11. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
12. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.
13. Какие теплообменные аппараты работают при нестационарном тепловом режиме?

Раздел 4:

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
9. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
10. Перечислить дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
12. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
13. Определяющие и определяемые числа подобия.

14. Число Рейнольдса, его физический смысл.
15. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
16. Понятие динамического пограничного слоя.
17. Понятие теплового пограничного слоя.
18. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
19. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
20. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
21. Структура пограничного слоя при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности.
22. Показать характер изменения теплоотдачи по длине продольно обтекаемой поверхности.
23. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка $(Pr_{ж}/ Pr_c)^{0,25}$ и что она учитывает?
24. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
25. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
26. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
27. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
28. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
29. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
30. Число Грасгофа, его физический смысл.
31. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
32. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
33. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

Раздел 5:

1. При каких условиях возможна конденсация пара?
2. Виды конденсации пара. При каком виде конденсации пара наблюдаются наибольшие коэффициенты теплоотдачи?
3. Почему при конденсации и кипении выше коэффициенты теплоотдачи, чем для однофазной жидкости?
4. В каком случае при конденсации пара выше коэффициент теплоотдачи: на горизонтальной или вертикальной трубе?
5. Какие режимы кипения вам известны?
6. Понятие о кривой кипения.
7. Кризисы кипения 1 рода, чем они вызваны?
8. Кризисы кипения 2 рода, чем они вызваны?
9. Какова структура потока при кипении жидкости в вертикальных трубах?
10. При каком режиме кипения выше коэффициенты теплоотдачи: пленочном или пузырьковом?

Раздел 6:

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.
3. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
4. Понятие собственного излучения.
5. Понятие отражательной способности тела.
6. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.

7. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
8. Понятие результирующего излучения.
9. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
10. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
11. Какие тела можно считать серыми?
12. Что такое коэффициент излучения?
13. Закон Планка.
14. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
15. Сформулируйте закон смещения Вина.
16. Закон Кирхгофа.
17. Закон Ламберта.
18. Теплообмен излучением между "телом и оболочкой".
19. Теплообмен излучением в системе тел с экранами.
20. Для чего нужны экраны и какими свойствами они должны обладать?
21. Теплообмен излучением в системе произвольно расположенных тел.
22. Угловые коэффициенты излучения.
23. Понятие взаимной поверхности излучения.
24. Геометрические свойства лучистых потоков.
25. Свойство взаимности.
26. Свойство замыкаемости.
27. Свойство невогнутости
28. Свойство совмещаемости.
29. Свойство затеняемости.

Раздел 7:

1. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде.
2. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающе - излучающей среде.
3. Оптическая толщина среды.
4. Поглощательная способность газа.
5. Закон Бугера.
6. Число Бугера.
7. Коэффициент ослабления среды.
8. Особенности излучения газов и паров.
9. Какие газы способны излучать и поглощать лучистую энергию?
10. Какие газы можно считать прозрачными для тепловых лучей?
11. Степень черноты газа, ее определение.
12. Использование номограмм для определения степени черноты газов.
13. От чего зависит степень черноты газа.
14. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела.
15. Сложный теплообмен. Числа радиационного подобия.
16. Число Старка.

Раздел 8:

1. Аналогия процессов теплообмена и массообмена.
2. Понятие диффузии, ее характеристики.
3. Концентрационная диффузия, ее закономерности. Закон Фика.
4. Коэффициент диффузии.
5. Понятие термодиффузии.
6. Понятие бародиффузии.
7. Основные закономерности молекулярного массопереноса.
8. Уравнение массоотдачи.
9. Основные закономерности конвективной диффузии (молярного массопереноса).

10. Массоотдача на границе поверхность – окружающая среда.
11. Диффузионный пограничный слой.
12. Диффузионное число Нуссельта.
13. Числа и уравнения подобия для массопереноса.
14. Конвективная массоотдача при вынужденном обтекании плоской поверхности.

Перечень вопросов-тестов для текущего контроля

Тесты по разделам 1-3:

1. В каких единицах измеряется количество теплоты?
 1. °С;
 2. кг/м;
 3. Дж;
 4. Н/м
2. Полным тепловым потоком называется количество теплоты, проходящей через:
 1. Единичную площадь поверхности в единицу времени;
 2. Полную поверхность в единицу времени;
 3. Произвольную поверхность за некоторый промежуток времени;
 4. Единичную площадь поверхности за некоторый промежуток времени.
3. Теплопроводность – это:
 1. Перенос теплоты в результате перемещения или перемешивания неравномерно нагретых жидкостей или газов;
 2. Процесс преобразования внутренней энергии тела в энергию электромагнитных волн;
 3. Поглощение энергии излучения другим телом;
 4. Молекулярный способ переноса теплоты.
4. Что обозначает знак « - » в формуле закона Фурье $q = -\lambda \text{grad} \tau$
 1. Передача теплоты от меньшей температуры к большей;
 2. Несовпадение направления теплового потока с направлением вектора температурного градиента;
 3. Передача от одной изотермы к другой;
 4. Направление теплового потока.
5. Теплопроводность каких материалов наибольшая?
 1. Металлов;
 2. Газов;
 3. Твердых тел - диэлектриков;
 4. Жидкостей.
6. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?
 1. От вида движения жидкости;
 2. От температуры и физических свойств веществ;
 3. От массы и площади поверхности тела;
 4. От количества подведенной теплоты.
7. Какое из приведенных выражений характеризует стационарную теплопроводность?
 1. $\frac{\partial t}{\partial \tau} \neq 0$;
 2. $\frac{\partial t}{\partial \tau} > 0$;
 3. $\frac{\partial t}{\partial \tau} < 0$;
 4. $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$
8. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:

1. $q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1)$;
2. $q = -\lambda \text{grad} t$;
3. $q = \alpha(t_2 - t_1)$;
4. $q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1)$.

9. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?

1. $q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}$
2. $q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$
3. $q = \frac{t_{c1a} - t_{c1e}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

10. Указать, какому интервалу значений коэффициента λ соответствует теплопроводность сталей.

1. 20 – 50 Вт/(м·град)
2. 0,07 – 4 Вт/(м·град)
3. 0,007 – 0,07 Вт/(м·град)

11. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

1. $\frac{Вт}{м^2}$;
2. $\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$;
3. $\frac{Вт}{м \cdot град}$;
4. $Вт$.

12. Укажите, какое из выражений является дифференциальным уравнением теплопроводности:

1. $q = -\lambda \frac{dt}{dn}$;
2. $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$;
3. $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t$;
4. $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0$

13. Что характеризует коэффициент температуропроводности:

1. Передачу теплоты от одной жидкости к другой;
2. Отношение способности тела проводить теплоту к способности аккумулировать ее;
3. Передачу теплоты на границе раздела сред;
4. Способность передавать теплоту через стенку

14. Как задаются граничные условия первого рода:

1. Задается температура на границе контакта двух тел;
2. Задается температура на поверхности тела как функция координат и времени;
3. Задается тепловой поток, как функция координат и времени;
4. Задается температура окружающей среды.

15. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:

1. От одной жидкости к другой;
 2. Внутри твердых стенок;
 3. От одной жидкости к другой через разделительную стенку;
 4. От жидкостей к твердым стенкам.
16. По какому закону распределяется температура в цилиндрической стенке:
1. По линейному;
 2. По параболе;
 3. По логарифмическому;
 4. По гиперболе.
17. Число Фурье определяет:
1. Режим движения жидкости;
 2. Термическую массивность тел;
 3. Безразмерное время нагрева;
 4. Физические параметры вещества.
18. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:
1. $Bi \rightarrow 0$;
 2. $Bi \rightarrow \infty$;
 3. $Bi < 0$;
 4. $Bi = 25$.

Тесты по разделам 4-5.

1. Процесс теплоотдачи - это:
 1. Перенос теплоты в движущейся среде молярными объемами;
 2. Передача теплоты через стенку;
 3. Передача теплоты в движущейся среде молярными объемами;
 4. Передача теплоты на границе раздела сред а – твердое тело.
2. Размерность коэффициента теплоотдачи:
 1. $\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$;
 2. $\frac{Вт}{м^2}$;
 3. $\frac{Вт}{м \cdot град}$;
 4. $\frac{Вт}{м}$
3. Свободная конвекция - это перенос теплоты при:
 1. Движении жидкости от одного тела к другому;
 2. Движении жидкости под действием нагнетателя;
 3. Движении газов, вызванном ветром;
 4. Движении жидкости под действием разности плотностей, вызванной разностью температур.
4. Числа подобия – это:
 1. Комплекс величин, имеющих ту одинаковую размерность;
 2. Комплекс теплофизических величин среды;
 3. Величины, определяющие геометрическое подобие процессов;
 4. Безразмерные комплексы, составленные из размерных разнородных величин.
5. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?
 1. Pr ;
 2. Nu ;
 3. Re ;
 4. Gr .

6. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?

1. $N_{eff}(G, P)$;
2. $N_{eff}(R, P)$;
3. $N_{eff}(F, P)$;
4. $N_{eff}(B, P)$

7. Какое из уравнений (в общем виде) используется для расчета коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции?

1. $Nu = c (Gr Pr)^m$
2. $Nu = c Re^n Pr^m$
3. $Nu = c (Re Pr)^n (Gr Pr)^m$

8. Число подобия Прандтля определяет:

1. Режим движения жидкости;
2. Физические свойства среды;
3. Отношение подъемных сил к силам вязкости
4. Температурный коэффициент объемного расширения

9. Какие уравнения используются на практике для расчетов процессов теплоотдачи:

1. Дифференциальные
2. Аналитические
3. Статистические
4. Уравнения подобия.

10. Какие значения Re соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах:

1. $Re > 1300$;
2. $Re < 930$;
3. $Re > 1030$;
4. $Re > 2300$;

11. У какой пары коэффициентов совпадают размерности:

1. λ, β ;
2. k, λ ;
3. α, k ;
4. β, k

12. Конвекция - это процесс переноса теплоты за счет:

1. Соударения молекул газа;
2. Диффузии свободных электронов в чистых металлах;
3. Колебаний атомов в узлах кристаллической решетки тел;
4. Перемещения и перемешивания неравномерно нагретых объемов жидкости (газа).

13. Число Рейнольдса определяется по формуле

1. $Re = \frac{Wd}{\mu}$
2. $Re = \frac{Wd}{\nu}$
3. $Re = \frac{vd}{W}$
4. $Re = \frac{vd}{W}$

14. При конденсации пара:

1. Теплота поглощается;
2. Теплота может и поглощаться, и выделяться;
3. Теплота не поглощается и не выделяется;
4. Теплота выделяется.

Тесты по разделам 6-8.

1. Тепловое излучение – это процесс переноса теплоты за счет:

1. Колебаний атомов в кристаллической решетке излучающего тела;
2. Соударения молекул газа;
3. Перемещения объемов жидкости или газа;

4. Преобразования внутренней энергии тел в энергию электромагнитного излучения.

2. Какой вид излучения обладает тепловыми свойствами:

1. Космическое;
2. Инфракрасное;
3. Видимое;
4. Рентгеновское

3. Какое значение поглощательной способности имеет абсолютно черное тело:

1. $A < 1$;
2. $A = 0$;
3. $A = 1$;
4. $A > 1$

4. Размерность коэффициента излучения абсолютно черного тела:

1. $Вт\cdot м^2\cdot г\cdot д$;
2. $Вт\cdot м^2\cdot К^4$;
3. $Вт\cdot м\cdot г\cdot д$;
4. $Дж\cdot м^2\cdot К$

5. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?

1. $q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$
2. $q = \alpha(t_c - t_{ок})$
3. $q = \varepsilon \cdot c_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4$
4. $q = \kappa(t_{ок1} - t_{ок2})$

6. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?

1. He, Ar, Ne
2. N₂, O₂, H₂
3. H₂O, CO₂, SO₂
4. Co, Cu, Fe/

7. Плотность потока массы определяется:

1. Законом Фика
2. Законом Фурье
3. Законом Ньютона-Рихмана
4. Законом Стефана-Больцмана.

8. Коэффициент D в уравнении Фика это:

1. Коэффициент теплопроводности;
2. Коэффициент теплоотдачи;
3. Коэффициент теплопередачи;
4. Коэффициент диффузии.

9. Пограничный слой в теории массообмена называется:

1. Гидродинамическим;
2. Диффузионным;

3. Тепловым;
4. Слоем сопротивления.

10. Диффузионный термоэффект это:

1. Молекулярный перенос теплоты;
2. Молекулярный диффузионный перенос теплоты;
3. Молярный перенос теплоты;
4. Молярно-диффузионный перенос теплоты.

Курсовая работа выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых работ. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсовой работы. Совпадение тем курсовых работ у студентов одной учебной группы не допускается. Утверждение тем курсовых работ проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовой работе и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Примерный перечень тем курсовых работ и пример задания представлены в разделе 7 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации».

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) - Тепломассообмен за 3 и 4 курсы обучения и проводится в форме зачета, экзамена и защиты курсовой работы.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК -2 Способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		
Знать	Фундаментальные и основные определения и понятия в области тепломассообмена. Методы анализа и моделирования соответствующих процессов тепломассообмена.	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для подготовки к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные положения теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. 3. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях первого рода (одно- и многослойную). 4. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода (одно- и многослойную). 5. Передача теплоты через цилиндрическую стенку при граничных условиях первого рода (одно- и многослойную). 6. Передача теплоты через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода (одно- и многослойную). 7. Критический диаметр цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. 8. Способы интенсификации теплопередачи. Теплопередача через ребристую стенку. 9. Теплопроводность пластины при нестационарном режиме. 10. Графоаналитический метод расчета нагревания (охлаждения) массивных тел. 11. Зависимость характера температурного поля тела от числа Био. 12. Расчет нагревания термически тонкого тела. 13. Теплопроводность цилиндра при нестационарном режиме. 14. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Теорема о перемножении решений.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>15. Основные положения конвективного теплообмена. Пограничный слой.</p> <p>16. Применение теории подобия к анализу процессов конвективного теплообмена. Числа подобия и уравнения подобия.</p> <p>17. Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности (ламинарный пограничный слой).</p> <p>18. Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности (турбулентный пограничный слой).</p> <p>19. Конвективный теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах (ламинарный режим).</p> <p>20. Конвективный теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах (турбулентный режим).</p> <p>21. Теплоотдача при течении в изогнутых трубах.</p> <p>22. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб.</p> <p>23. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме.</p> <p>24. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.</p> <p>25. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная конденсация неподвижного пара на вертикальных поверхностях.</p> <p>26. Теплообмен при пленочной конденсации пара на горизонтальных трубах и пучках труб.</p> <p>27. Теплообмен при кипении жидкости. Режимы кипения. Теплоотдача при пузырьковом кипении в неограниченном объеме.</p> <p>28. Кривая кипения. Кризисы кипения 1 рода.</p> <p>29. Теплоотдача при пузырьковом кипении в условиях вынужденного движения жидкости внутри труб. Кризисы кипения 2 рода.</p> <p>30. Виды и характеристика лучистых потоков. Основные законы теплового излучения.</p> <p>31. Теплообмен излучением между телами с плоскопараллельными поверхностями.</p> <p>32. Теплообмен излучением между «телом и оболочкой».</p> <p>33. Лучистый теплообмен при наличии экранов.</p>

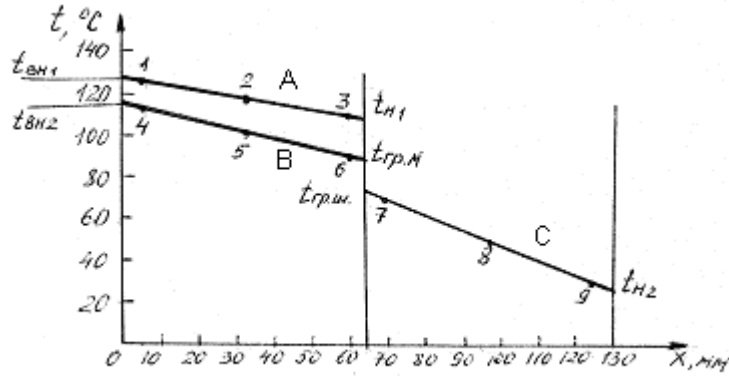
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		34. Теплообмен излучением между произвольно расположенными телами. 35. Угловые коэффициенты. Геометрические свойства излучающих систем. 36. Уравнение переноса лучистой энергии. 37. Особенности излучения газов и паров. 38. Определение степени черноты газов. 39. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела. 40. Сложный теплообмен. Числа радиационного подобия.
Уметь	Объяснять типичные модели задач в области «Тепломассообмена». Распознавать эффективное решение от неэффективного при решении задач в области «Тепломассообмена». Обсуждать способы эффективного решения.	1. ЗАДАЧА. Оконный стеклопакет состоит из трех слоев стекла толщиной по 4 мм каждый. Между стеклами находятся слои сухого неподвижного воздуха толщиной 10 мм. Площадь поверхности окна 3 м^2 . Разность температур на внешних поверхностях стекол $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить потери теплоты через окно, если коэффициенты теплопроводности стекла $\lambda_{\text{ст}} = 0,74 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, воздуха $\lambda_{\text{возд}} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. 2. ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (q , Вт/м^2) в процессе теплопередачи от дымовых газов к кипящей пароводяной смеси через стальную стенку толщиной $\delta = 8 \text{ мм}$. Температура газов $t_1 = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, температура смеси $t_2 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 40 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, от стенки к пароводяной смеси $\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 40 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон t_{c1} и t_{c2} . 3. ЗАДАЧА: Какую толщину должна иметь изоляция, если ее наложить на плоскую стальную стенку толщиной 20 мм, чтобы тепловые потери уменьшились в два раза. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{\text{ст}} = 40 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, а материала изоляции $\lambda_{\text{и}} = 0,125 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки $\alpha_1 = 500 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, а с другой $\alpha_2 = 80 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. 4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром $d_2 = 50 \text{ мм}$, $d_1 = 44 \text{ мм}$ движется пар с температурой $315 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 120 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Температура окружающего воздуха $20 \text{ }^\circ\text{C}$, коэффициент теп-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>лоотдачи $\alpha_2 = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота $\delta = 50 \text{ мм}$. $\lambda_{\text{пеношамота}} = 0,3 \text{ Вт/м К}$, $\lambda_{\text{чугуна}} = 90 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.</p> <p>5. ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром $d_2 = 25 \text{ мм}$ предлагаются изоляционные материалы: асбест $\lambda = 0,151 \text{ Вт/мК}$, стекловата $\lambda = 0,047 \text{ Вт/мК}$. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде $\alpha_2 = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.</p>
Владеть	<p>Основными методами моделирования в области «Тепломассообмена». Применением основ тепломассообмена для решения задач повышенной сложности. Умениями анализировать способы теоретического и экспериментального исследования в области данной дисциплины.</p>	<p><i>Примеры тем курсовой работы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нестационарная теплопроводность; 2. Конвективный теплообмен при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности; 3. Теплообмен излучением между газом и твердой поверхностью; 4. Теплообмен при кипении жидкости. <p>ПРИМЕР ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ: Пример тем: (задания по вариантам утверждаются на заседании кафедры)</p> <p><i>Задача 1. Нестационарная теплопроводность</i></p> <p>Металлическая заготовка, имеющая форму пластины (цилиндра) неограниченной длины, толщиной 2δ (или диаметром $2r_0$), с начальной температурой t_0, нагревается в печи, температура которой $t_{\text{ж}}$ поддерживается постоянной, до конечной температуры по оси заготовки $t_{\text{ц}}^{\text{кон}}$. Считая длину заготовки большой по сравнению с толщиной (или диаметром), определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Время нагревания заготовки до заданной конечной температуры; 2) Температуры на оси и поверхности заготовки для различных моментов времени (с использованием номограмм Будрина); 3) Распределение температуры по толщине заготовки для четырех моментов времени (с использованием аналитических формул); 4) Количество теплоты, подведенное к телу в течение всего периода нагревания (на 1 м^2 поверхности пластины или на 1 м длины цилиндра); 5) По результатам расчетов п.2 и п.3 построить графики.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>Задача 2. Конвективный теплообмен при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности</i></p> <p>Плоская пластина длиной 1 м обтекается продольным потоком жидкости (газа) со скоростью ω_0 м/с. Температура набегающего потока $t_{ж0}$ °С. Задана температура поверхности пластины $t_c = \text{const}$.</p> <p>Найти:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. критическую координату $x_{кр}$ точки перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный; 6. толщины динамического δ и теплового κ пограничных слоев на различных расстояниях от передней кромки пластины; 7. значения местных коэффициентов теплоотдачи α_x на различных расстояниях от передней кромки пластины; 8. средние коэффициенты теплоотдачи $\bar{\alpha}$ для участков с различными режимами течения. 9. Построить графики $\delta=f(x)$, $\kappa=f(x)$, $\alpha=f(x)$. <p><i>Задача 3. Теплообмен излучением между газом и твердой поверхностью</i></p> <p>Дымовые газы заданного состава движутся в газоходе сечением $A \times B$. Общее давление газов 98,1 кПа. Температура газов на входе в газоход t_r' и на выходе t_r''. Средняя температура поверхности газохода t_c.</p> <p>Вычислить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. плотность теплового потока, обусловленного излучением от дымовых газов к поверхности газохода; 6. условный коэффициент теплоотдачи излучением. <p>Примечание: степень черноты газов определить двумя методами а) – с помощью номограмм; б) – по формуле.</p> <p><i>Задача 4. Теплообмен при кипении жидкости</i></p> <p>В трубе внутренним диаметром $d=18$ мм движется кипящая вода со скоростью</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>$w=1$ м/с. Вода находится под давлением $p = 8 \cdot 10^5$ Па [2]. Определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Значение коэффициента теплоотдачи от стенки к кипящей воде, если температура внутренней стенки t_c лежит в интервале от $t_c = t_s f(p) + 2$ до $1,2 \cdot t_s f(p)$ °С. 2. Определить плотность теплового потока для каждой температуры стенки. 3. Построить кривую кипения для заданного температурного напора стенки. 4. Определить критическую тепловую нагрузку при кипении жидкости в трубе по кривой кипения. 5. Определить температуру стенки трубы при наступлении критической тепловой нагрузки по кривой кипения.
ПК-4 Способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата		
Знать	<p>Начальные знания основных методов проведения экспериментов в области «Тепломассообмена для типовых задач по известным правилам и алгоритмам. Способы обработки результатов проведенных экспериментов в своей профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Формула и физический смысл числа Фурье. 2. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм). 3. Число Грасгофа, его физический смысл. 4. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции. 5. Диффузионное число Нуссельта. 6. В чем суть теории подобия. 7. Что такое условия однозначности и для чего их задают. 8. Получение эмпирических формул. 9. Поправки на изменение теплофизических свойств, их виды и расчет. 10. Физический смысл безразмерной температуры. 11. Аналитический метод обработки результатов измерения процессов нагрева или охлаждения. 12. Физический смысл число Рейнольдса. 13. Суть геометрического подобия. 14. Метод локального теплового моделирования, его суть. 15. Условия подобия физических процессов. 16. Метод размерностей, его суть.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		17. Следствия из условий подобия.
Уметь	Планировать экспериментальные исследования. Оценивать значимость и практическую пригодность полученных результатов. Применять по дисциплине «Тепломассообмен» знания в профессиональной деятельности, использовать их на междисциплинарном уровне	<p>Экспериментальное исследование процессов тепломассообмена на лабораторных стендах кафедры:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Передача теплоты через стенку при стационарном тепловом режиме. 2. Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора. 3. Нагрев массивных тел при граничных условиях Ш рода. 4. Нагрев тел конечных размеров. 5. Определение коэффициента аккумуляции кирпича регенеративной насадки. 6. Определение критического диаметра цилиндрической стенки. 7. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном продольном обтекании пластины потоком воздуха. 8. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. 9. Теплоотдача вертикальной трубы при свободном движении воздуха. 10. Кризис теплоотдачи при кипении воды в свободном объеме. 11. Определение угловых коэффициентов излучения методом светового моделирования. 12. Измерение температуры тела радиационным пирометром.
Владеть	<p>Основными методами математического аппарата для обработки полученных экспериментальных результатов в области «Тепломассообмена».</p> <p>Навыками и методиками обобщения результатов экспериментальной деятельности с использованием современных информационных технологий.</p>	<p>Для оценки текущей позиции компетенции применяются лабораторные стенды по дисциплине «Тепломассообмен». Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:</p> <p style="text-align: center;">ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9. 2. Построить график в координатах $t - x$, где x - координата; она определяется расстоянием от начала оси абсцисс до точки, соответствующей месту установки термомпары. Провести прямые линии через точки 1,2,3 в однослойной стенке; через точки 4,5,6, а также через точки 7,8,9 - в двухслойной стенке (образец построения графика представлен на рис. 1).

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок $t_{вн1}$ и $t_{вн2}$ нужно продолжить линии А и В до пересечения с ординатой $x = 0$; для определения температуры наружной поверхности однослойной стенки $t_{н1}$ необходимо продолжить линию А до границы $x = 65$ мм, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки $t_{н2}$ - линию С необходимо продолжить до границы $x = 130$ мм.</p>  <p>Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p>Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей ($t_{гр.ш} = t_{гр.м}$) и соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.</p> <p>3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p>Для однослойной стенки $\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})$</p> <p>Для двухслойной стенки $\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{сп})$</p> $\bar{t}_{и2} = 0,5(t_{сп} + t_{н2})$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;">$t_{cp} = 0,5(t_{cp.ш} + t_{cp.м})$,</p> <p>где $t_{гр.ш}$ - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом; $t_{гр.м}$ - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.</p> <p>4. Определить значения коэффициентов теплопроводности магнезитового кирпича по $\bar{t}_{м1}$ и $\bar{t}_{м2}$ и шамотного по $\bar{t}_{ш2}$, соответствующие их средним температурам</p> $\lambda_{м} = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{м} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К} ;$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{ш} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К}.$ <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью: для однослойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн1} - t_{н1}}{\delta_{м} / \lambda_{м}} ;$ <p>для двухслойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}}} ;$ <p>6. Определить потери теплоты излучением $q_{изл.}$ с наружных поверхностей, используя уравнение</p> $q_{изл.} = \varepsilon_c C_0 \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{жс}}{100} \right)^4 \right],$ <p>где $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; ε_c - степень черноты стенки (в данной работе $\varepsilon_c = 0,8$); T_n и $T_{ж}$ – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Для однослойной стенки $T_n = T_{n1}$; для двухслойной $T_n = T_{n2}$;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p> $Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <p>где g - ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; l - определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), $l = 0,115 \text{ м}$; ν - коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; определяется по температуре пограничного слоя $t_{пс} = 0,5(t_n + t_{ж})$; β - температурный коэффициент объемного расширения, град-1; $\beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}}$; для газов $\Delta t = t_n - t_{ж}$ – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.</p> <p>8. Число подобия Прандтля Pr определить при температуре пограничного слоя $t_{пс}$.</p> <p>9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия</p> $Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \varepsilon$ <p>где значения "С" и "n" - константы, зависящие от комплекса $(Gr \cdot Pr)$; они приведены в табл. 1 Приложения [в) 2]; ε - поправочный коэффициент. Так как теплоотдающая поверхность обращена кверху, то в уравнение подобия вводится поправка $\varepsilon = 1,3$, то есть полученное по расчету значение Nu (или α) увеличивается на 30 %.</p> <p>Значения числа Прандтля Pr, кинематической вязкости ν и коэффициента теплопроводности λ для воздуха при различных температурах приведены в табл. 2 Приложения.</p> <p>10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией α_k из числа</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																
		<p>Нуссельта $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$:</p> $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l}$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией q_k для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{oc})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>14. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1070 770 1998 1034"> <thead> <tr> <th data-bbox="1070 770 1263 943">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1263 770 1803 943">Плотность теплового потока, Вт/м²</th> <th data-bbox="1803 770 1998 943">Погрешность по отношению к q_t, %</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1070 943 1263 987"></td> <td data-bbox="1263 943 1518 987">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением q_{Σ}</td> <td data-bbox="1518 943 1803 987">передаваемого внутри стенки теплопроводностью q_t</td> <td data-bbox="1803 943 1998 987"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1070 987 1263 1034">Однослойная</td> <td data-bbox="1263 987 1518 1034"></td> <td data-bbox="1518 987 1803 1034"></td> <td data-bbox="1803 987 1998 1034"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1070 1034 1263 1080">Двухслойная</td> <td data-bbox="1263 1034 1518 1080"></td> <td data-bbox="1518 1034 1803 1080"></td> <td data-bbox="1803 1034 1998 1080"></td> </tr> </tbody> </table>	Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м ²		Погрешность по отношению к q_t , %		отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением q_{Σ}	передаваемого внутри стенки теплопроводностью q_t		Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м ²		Погрешность по отношению к q_t , %															
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением q_{Σ}	передаваемого внутри стенки теплопроводностью q_t																
Однослойная																		
Двухслойная																		

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Тепломассообмен» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена, в форме выполнения и защиты курсовой работы, зачета.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Тепломассообмен». При выполнении курсовой работы, обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы, обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения. Курсовая работа выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде.

Показатели и критерии оценивания курсовой работы:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

- на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.
- на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- «зачтено» - обучающийся справился с решением комплексных задач и защитил курсовую работу.
- «незачтено» - обучающийся не справился с решением комплексных задач и с выполнением курсовой работы.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины "Тепломассообмен"

а) Основная литература:

1. Семенов, Ю. П. Основы тепломассообмена : учеб. пособие / Ю.П. Семенов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 246 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5b4c72d22046e3.77590088. - ISBN 978-5-16-013601-1. - Текст : электронный. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/945242>
2. Цветков, Ф.Ф. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017.
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>

б) Дополнительная литература:

1. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. тепломассообмен / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> - Режим доступа : по подписке.
2. Минко, К.Б. Численное решение задач гидродинамики и тепломассообмена : учебное пособие / К.Б. Минко, Г.Г. Яньков. - М. : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01425-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014257.html> Режим доступа : по подписке.
3. Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учебное пособие / А. А. Кудинов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 375 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011093-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1046937> – Режим доступа: по подписке.
4. Теплопередача : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1. Основы теории теплопередачи / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чередниченко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 221 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014715-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001086> – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Матвеева, Г.Н. Передача теплоты через стенку при стационарном тепловом режиме (лаб. работа №1) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2015. - 12 с.
2. Матвеева, Г.Н. Нагрев массивных тел при граничных условиях III рода (лаб. работа №3)

[Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 11 с.

3. Матвеева, Г.Н. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха (лаб. работа №5) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2016. - 12 с.
4. Матвеева, Г.Н. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном продольном обтекании пластины потоком воздуха (лаб. работа №9) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. - 9 с.
5. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
6. Матвеев, С.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Матвеев. – ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2019. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3934.pdf&show=dcatalogues/1/1530507/3934.pdf&view=true>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
14. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
15. zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
16. Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
17. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
18. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Тепломассообмен» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), зачет, экзамен, курсовая работа.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мел.
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
для самостоятельной работы обучающихся	информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования