

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
Института Технологий и инженерной
механики


Могильная Е.П. (подпись)
« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА В МАТЕРИАЛАХ»

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»,

«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД


Рабочая программа учебной дисциплины «Теория тепло- и массопереноса в материалах» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 19 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория тепло- и массопереноса в материалах» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института

 Ясуник С.Н.

© Рябичева Л.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины - формирование знаний об основных закономерностях процессов переноса тепла и массы; о методах математического описания и анализа процессов теплопередачи при нагреве различных материалов.

Задачи:

- изучение классификации процессов переноса тепла и массы, их отличительных особенностей;
- изучение законов тепло- и массопереноса, аналогии между этими двумя физическими процессами;
- изучение теории подобия и моделирования процессов тепло- и массопереноса.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория тепло- и массопереноса в материалах» относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений. Условиями для освоения дисциплины являются знания, полученные при изучении дисциплин «Неорганическая и органическая химия», «Физическая химия», «Общее материаловедение и технологии материалов» и служит основой для освоения дисциплин «Теория и технология нанесения покрытий», «Теория и технология термической и химико-термической обработки».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-2. Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических систем при решении поставленных задач технического проектирования	знать: современный инструментарий при решении технических задач проектирования материалов; уметь: использовать интеллектуальные информационно-аналитические системы; владеть: подходами и методами технического проектирования.
	ОПК-2.2. Выбирает и применяет рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	знать: рациональные методы и инструменты для технических объектов уметь: применять рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических

		<p>владеть: мировым и российским опытом рациональных методов и инструментов для технических объектов, систем и технологических процессов</p>
	<p>ОПК-2.3. Проводит аналитическое исследование закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p>	<p>знать: закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p> <p>уметь: использовать закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p> <p>владеть: закономерностями поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p>
<p>ОПК-4. Способен проводить измерения и наблюдения профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>ОПК-4.3. Представляет статистически обработанные экспериментальные данные</p>	<p>знать: статистическую обработку экспериментальных данных</p> <p>уметь: представлять статистически обработанные экспериментальные данные</p> <p>владеть: навыками статистически обработанных экспериментальных данных</p>
<p>ПК-3. Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов</p>	<p>ПК-3.3. Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявлять причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками выявления причин брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>
<p>ПК-4. Способен обеспечивать функционирование системы управления качеством термического производства</p>	<p>ПК-4.3. Участвует в разработке методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p>	<p>знать: разработку методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать методики управления качеством</p>

		изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства владеть: навыками разработки методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4,0 зач. ед)	144 (4,0 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	48	12
Лекции	36	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	12	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	96	132
Итоговая аттестация	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Вводная лекция

Цели и задачи дисциплины. Определения и термины.

Тема 2. Основы теории теплопроводности

Физические основы передачи теплоты теплопроводностью. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности его физический смысл, зависимость от температуры. Краевые условия. Методы расчета расхода теплоты.

Тема 3. Конвективный теплообмен

Конвективный теплообмен, общие сведения. Математическое описание конвективного теплообмена. Уравнение теплового пограничного слоя. Интегральное уравнение теплового пограничного слоя. Применение теории подобия к исследованию конвективного теплообмена.

Тема 4. Теплоотдача при свободной конвекции

Характер свободного движения потока в большом объеме. Решение уравнения пограничного слоя для вертикальной пластины и горизонтального цилиндра. Приближенное решение задачи естественной конвекции на вертикальной

пластине. Расчетные зависимости конвективного теплообмена в большом объеме. Теплообмен свободной конвекцией в ограниченном объеме.

Тема 5. Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя.

Аналитическое решение задачи конвективного теплообмена в каналах. Расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи. Теплообмен при внешнем обтекании тел. Теплообмен в слое частиц. Сложный теплообмен.

Тема 6. Теплообмен излучением

Законы излучения абсолютно черного тела. Законы излучения реальных тел. Свойства и характеристики тел и сред. Методы расчета теплообмена излучением. Расчет теплообмена излучением. Особенности теплообмена излучением в термических печах.

Тема 7. Основные положения и законы массопереноса

Дифференциальные уравнения конвективного массопереноса. Числа подобия конвективного массопереноса. Аналогия между переносом массы, теплоты и количества движения. Основные соотношения и модели массопереноса. Основы расчета массопереноса.

Тема 8. Методы численного анализа процессов тепло- и массопереноса

Теоретические основы приближенных методов. Приближенные аналитические методы Метод Рунге. Метод Галеркина. Метод конечных разностей.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вводная лекция Цели и задачи дисциплины. Определения и термины.	2	1,0
2	Основы теории теплопроводности	6	1,0
3	Конвективный теплообмен	4	1,0
4	Теплоотдача при свободной конвекции	4	1,0
5	Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя.	4	1,0
6	Теплообмен излучением	4	1,0
7	Основные положения и законы массопереноса	6	1,0
8	Методы численного анализа процессов тепло- и массопереноса	6	1,0
Итого:		36	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Передача теплоты теплопроводностью	2	
2	Конвективный теплообмен в однофазной среде	2	
3	Теплообмен при фазовых превращениях	2	2
4	Теплообмен излучением	2	
5	Массоотдача	2	
6	Математическое описание процессов тепло- и массообмена в двухкомпонентных средах	2	2
Итого:		12	4

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Теория тепло- и массопереноса в материалах» не предусмотрены учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Практические занятия №1-6	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчетов	12	6
2	Основы теории теплопроводности	Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации.	12	20
3	Конвективный теплообмен		12	20
4	Теплоотдача при свободной конвекции		12	20
5	Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя.		12	20
6	Теплообмен излучением		12	20
7	Основные положения и законы массопереноса		12	20
8	Подготовка к зачету		12	6
Итого:			96	132

4.7. Курсовые проекты по дисциплине «Теория тепло- и массопереноса в материалах» не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;

– использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;

– технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

– технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Горбачев М.В., Тепломассообмен : учебное пособие / Горбачев М.В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 443 с. (Серия "Учебники НГТУ") - ISBN 978-5-7782-2803-0 - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228030.html> (

2. Гремячкин В.М., Уравнения переноса массы в теории массообмена: метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / В.М. Гремячкин. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html

3. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>

б) дополнительная литература:

1. Солнцев Ю.П., Материаловедение. Применение и выбор материалов / Солнцев Ю.П., Борзенко Е.И., Вологжанина С.А. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - 200 с. - ISBN 978-5-93808-295-3 - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082953.html>

2. Гершанов В.Ю., Нелинейные нестационарные эффекты в процессах массопереноса / Гершанов В.Ю., Гармашов С.И. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2014. - 114 с. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927512324.html>

3. Сборник задач по курсу Теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Синявский Ю.В. - СПб. : ГИОРД, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785988791140.html>

4. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>

в) методические указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория тепло- и массопереноса» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов, /Сост.: Л.А. Рябичева, И.И. Белозир. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2023. – 48 с.

г) интернет ресурсы:

– Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

- ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Теория тепло- и массопереноса в материалах» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).
Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет; рабочие места студентов, оснащены компьютером с доступом в Интернет; презентационная техника (проектор, экран, ноутбук), наборы слайдов (либо раздаточный материал в бумажном виде) или кинофильмов.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator

Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/
------------	-----	---

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Теория тепло- и массопереноса в материалах»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических систем при решении поставленных задач технического проектирования	Тема 1. Вводная лекция. Тема 2. Основы теплопроводности	7
			ОПК-2.2. Выбирает и применяет рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений	Тема 3. Конвективный теплообмен Тема 4. Теплоотдача при свободной конвекции	7
			ОПК-2.3. Проводит аналитическое исследование закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария,	Тема 5. Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя	7

			программных и информационных систем		
2	ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-4.3. Представляет статистически обработанные экспериментальные данные	Тема 4. Теплоотдача при свободной конвекции Тема 6. Теплообмен излучением	7
3	ПК-3	Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов	ПК-3.3. Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства	Тема 7. Основные положения и законы массопереноса	7
4	ПК-4	Способен обеспечивать функционирование системы управления качеством термического производства	ПК-4.3. Участвует в разработке методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства	Тема 8. Методы численного анализа процессов тепло- и массопереноса	7

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-2	ОПК-2.1. Обладает знаниями современного инструментария и интеллектуальных информационно-аналитических систем при решении поставленных задач технического проектирования	знать: методики и подходы выполнения комплексных исследований и испытаний при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные уметь: выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные	Тема 1. Вводная лекция. Тема 2. Основы теплопроводности	Вопросы для сдачи практических занятий, зачет

			<p>владеть: навыками выполнения комплексных исследований и испытаний при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства</p>	
		<p>ОПК-2.2. Выбирает и применяет рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений</p>	<p>знать: рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений</p> <p>уметь: выбрать и применить рациональные методы и инструменты для технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений</p> <p>владеть: навыками рационального выбора современных информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>Тема 3. Конвективный теплообмен Тема 4. Теплоотдача при свободной конвекции</p>
		<p>ОПК-2.3. Проводит аналитическое исследование закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария,</p>	<p>знать: аналитические методы исследования закономерностей поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p>	<p>Тема 5. Конвективный теплообмен при вынужденном движении теплоносителя</p>

		программных и информационных систем	<p>уметь: проводить аналитическое исследование закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p> <p>владеть: навыками выполнения аналитических исследований закономерности поведения экономических субъектов с использованием современного инструментария, программных и информационных систем</p>		
2	ОПК-4	ОПК-4.3. Представляет статистически обработанные экспериментальные данные	<p>знать: методы статистической обработки экспериментальных данных</p> <p>уметь: представлять статистически обработанные экспериментальные данные</p> <p>владеть: статистически обработанными экспериментальными данными</p>	Тема 4. Теплоотдача при свободной конвекции Тема 6. Теплообмен излучением	Вопросы для сдачи практических занятий, зачет
3	ПК-3	ПК-3.3. Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявлять причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками выявления причин брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	Тема 7. Основные положения и законы массопереноса	Вопросы для сдачи практических занятий, зачет

4	ПК-4	<p>ПК-4.3. Участвует в разработке методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p>	<p>знать: разработку методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать методики управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p> <p>владеть: навыками разработки методик управления качеством изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства</p>	Тема 8. Методы численного анализа процессов тепло- и массопереноса	Вопросы для сдачи практических занятий, зачет
---	------	--	---	---	---

Задания для практических занятий

ЗАНЯТИЕ 1. ПЕРЕДАЧА ТЕПЛОТЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Задание. Решение задач.

1. Вычислить плотность теплового потока, проходящего через стенку печи из огнеупорного и теплоизоляционного кирпича. Слой огнеупорного кирпича толщиной S_1 , м, а теплоизоляционного S_2 , м. Теплопроводности кирпичей равны соответственно λ_1 и λ_2 Вт/м °С. Требуется также определить температуру поверхности соприкосновения слоев t_c если температура стенки снаружи t_2 , °С, а внутри t_1 , °С.
2. Двухслойная печная стенка с одной стороны омывается газами, имеющими температуру t_1 , °С, а с другой стороны - воздухом, температура которого t_2 °С. Соответственно коэффициенты теплоотдачи равны α_1 , Вт/м²°С и α_2 , Вт/м²°С. Толщина огнеупорного слоя S_1 , м, а его теплопроводность λ_1 , Вт/м °С, толщина теплоизоляционного слоя S_2 , м теплопроводность λ_2 Вт/м °С. Вычислить плотность теплового потока, проходящего через стенку и температуры поверхностей слоев.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Процессы распространения тепла в твердом теле.
2. Температурное поле.
3. Необходимое условие распространения теплоты.
4. Определение теплопроводности. Теплопроводность различных веществ.
5. Стационарный и нестационарный перенос теплоты
6. Основное уравнение стационарной теплопроводности для определения теплового потока, проходящего через плоскую стенку.
7. Определение теплового потока, проходящий через стенку, а также температуры t_1 и t_2 поверхностей соприкосновения слоев.
8. Тепловое сопротивление стенки, состоящего из сопротивлений отдельных слоев.
9. Уравнение, для определения теплового потока, проходящего через многослойную стенку и для любого числа n слоев.
10. Промежуточные значения температур в слое кладки.
11. Тепловой поток, проходящий через однослойную цилиндрическую стенку.

12. Тепловые потоки, проходящие через многослойные цилиндрические стенки.

ЗАНЯТИЕ 2. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН В ОДНОФАЗНОЙ СРЕДЕ

Задание. Решение задач.

1. Вычислить количество теплоты, теряемой вертикальным воздухопроводом в окружающее пространство, если высота воздухопровода $h, м$, а диаметр $d, м$. Температура стенки воздухопровода $t_T, ^\circ C$, воздуха в цехе $t_{П}, ^\circ C$.
2. В канале со сторонами $a \times b, м$ движутся продукты горения со скоростью $\omega_0, м/с$, имеющие температуру $t_T, ^\circ C$ и плотность $\rho_0, кг/м^3$. Температура стенок канала $t_{П}, ^\circ C$. Вычислить плотность теплового потока от газов на стенку канала.
3. По каналу регенератора со сторонами $a \times b, м$ движутся продукты горения со скоростью $\omega_0, м/с$, имеющие температуру $t_T, ^\circ C$ и плотность $\rho_0, кг/м^3$. Температура стенок канала $t_{П}, ^\circ C$. Вычислить плотность теплового потока.
4. Определить коэффициент теплоотдачи при течении сухого воздуха по трубе диаметром d , мм со скоростью $\omega, м/с$, средняя температура теплоносителя $T, К$.
5. Подогреватель питательной воды котельной установки изготовлен из трубы с наружным диаметром d , мм. Температура воздуха, поступающего в подогреватель, $t'_{ж}, ^\circ C$, а на выходе из подогревателя $t''_{ж}, ^\circ C$. Средняя температура наружной поверхности трубы $t''_{ст}, ^\circ C$. Скорость воздуха в узком сечении трубного пучка $\omega, м/с$. Конфигурацией трубопровода пренебречь. Какой длины должен быть трубопровод, чтобы тепловой поток, передаваемый воде, протекающей внутри него, был равен 300 кВт?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы влияют на движение теплоносителя?
2. Что такое вынужденная конвекция, свободная конвекция?
3. Как подразделяют режимы движения потоков?
4. Понятие теплового пограничного слоя.
5. От чего зависит толщина слоев пограничного слоя?
6. Как определить конвективный теплообмен?
7. Как определяется коэффициент теплоотдачи?
8. К чему приводит увеличение скорости теплоносителя?

ЗАНЯТИЕ 3. ТЕПЛООБМЕН ПРИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ

Задание. Решение задач.

На поверхности вертикальной трубы высотой $H = 3$ м происходит пленочная конденсация сухого насыщенного водяного пара. Давление пара $p = 250$ кПа. Температура поверхности трубы $t_c = 123$ °С. Определить толщину пленки конденсата и значение местного коэффициента теплоотдачи в зависимости от расстояния x от верхнего конца трубы. Расчет произвести для расстояний x , равных 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 м. Построить график изменений параметров по высоте трубы. При расчете считать режим течения пленки ламинарным по всей высоте трубы. Расчет выполнить по приближенным формулам Нуссельта.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Тепловой поток, проходящий через однослойную цилиндрическую стенку.
2. Тепловые потоки, проходящие через многослойные цилиндрические стенки.
3. Теплопередача через стенки.
4. Плотность теплового потока, проходящего через одну стенку.
5. Уравнение для вычисления плотности теплового потока.

6. Плотность теплового потока проходящего через стенку состоящую из нескольких слоев, имеющих различную толщину и изготовленных из материалов с различной теплопроводностью.

7. Определение коэффициентов теплоотдачи.

ЗАНЯТИЕ 4. ТЕПЛООБМЕН ИЗЛУЧЕНИЕМ

Задание. Решение задач

1. Определить величину теплового потока, излучаемого кладкой печи на металл, если площади поверхностей F_1 , м², а F_2 , м². Температура поверхности кладки t_2 , °С, а поверхности металла t_1 , °С. Степень черноты кладки ε_2 , а стали ε_1 .

2. Определить величину лучистого теплового потока, теряемого излучением рабочим пространством через окно в цех. Размер окна $a \times b$, м. Толщина стенки s , м. Температура рабочего пространства печи T_1 , а цеха T_2 , °С.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как распределяется энергия излучения при попадании на твердое тело?
2. Какие тела называют абсолютно черными, белыми и абсолютно проницаемыми или диатермичными?
3. Какие тела называют серыми?
4. Как определяется плотность излучения?
5. Плотность полусферического излучения.
6. Плотность полусферического излучения реальных (серых тел)?
7. Чему равен коэффициент излучения для неокисленных и окисленных железа и стали?
8. Степень черноты диэлектриков (огнеупоров).
9. Чему равен тепловой поток, передаваемый от одного тела к другому?
10. Средний угловой коэффициент системы двух тел.

ЗАНЯТИЕ 5. МАССООТДАЧА

Задание. Решение задач

1. Плоское влажное изделие длиной $l=0,5$ м продольно омывается потоком сухого воздуха, для которого температура $t_\infty=20$ °С, давление $p=0,202$ МПа, скорость $w_\infty=1$ м/с. Температура изделия постоянна по всей длине ($t_c=20$ °С). Найти коэффициент массоотдачи β .

2. На воздушной модели, выполненной в масштабе 1/8 натуральной величины, производилось изучение массоотдачи конвекцией. Для первого газохода модели при различных скоростях воздуха были получены следующие значения коэффициента массоотдачи: Средняя температура воздуха, проходящего через модель, $t_{ж.м}=20$ °С. Диаметр трубок модели $d_m=12,5$ мм. Коэффициент массоотдачи β_m при обработке опытных данных был отнесен к средней арифметической разности температур между жидкостью и стенкой. На основе данных, полученных на модели, найти формулу для расчета массоотдачи конвекцией в первом газоходу котла в виде зависимости $Sh=f(Re)$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое диффузия?
2. Что такое самодиффузия и гетерогенная диффузия?
3. Протекание диффузионных процессов.
4. Каким уравнением определяется поток массы электронов?
5. Каким уравнением описывается процесс диффузии в нестационарных системах?
6. Использование функций ошибок Гаусса.
7. Определение диффузии при термической и химико-термической обработках металлов, спекании порошковых материалов и других процессах?
8. Какие методы применяются для определения диффузионных процессов?
9. Уравнение Аррениуса.
10. Уравнение, рассматривающее уход вещества через обе стороны пластины.

ЗАНЯТИЕ 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕДАХ

Задание. Решение задач

1. Определить излучательную способность поверхности Солнца, если известно, что ее температура равна 5700 °С и условия излучения близки к излучению абсолютно черного тела. Вычислить также длину волны, при которой будет наблюдаться максимум спектральной интенсивности излучения и общее количество лучистой энергии, испускаемой Солнцем в единицу времени, если диаметр Солнца можно принять равным $1,391 \cdot 10^9$ м.
2. Поверхность стального изделия имеет температуру $t = 727$ оС и степень черноты 0,7. Излучающую поверхность можно считать серой. Вычислить плотность собственного излучения поверхности изделия и длину волны, которой будет соответствовать максимальное значение спектральной интенсивности излучения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как происходит процесс излучения и поглощения лучистой энергии в непрозрачных твердых и в газе?
2. Поглощательная способность газов.
3. Как определяется эффективной длины луча, спектральный коэффициент ослабления степень черноты газов?
4. Плотность лучистого теплового потока.
5. Система радиационного теплообмена в печах.
6. Расчет теплового потока от кладки к металлу.
7. Тепловой поток от газов на металл.
8. Определение коэффициента теплоотдачи излучением от печных газов к нагреваемому металлу.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «практические занятия»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
не зачтено	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Направление процессов переноса; потоки массы и энергии.
2. Различные виды переноса теплоты.
3. Теплоотдача и теплопередача.
4. Поле и градиент температуры.
5. Закон Фурье; коэффициент теплопроводности.
6. Теплопроводность плоской однородной стенки.
7. Теплопроводность плоской многослойной стенки.
8. Нестационарная теплопроводность.
9. Общее понятие и виды, закон Ньютона и коэффициент конвективного теплообмена.
10. Основные понятия теории и критерии подобия.
11. Ламинарный и турбулентный режимы течения.
12. Теплоотдача при вынужденной и свободной конвекции.
13. Теплоотдача при внутреннем и наружном обтекании труб.
14. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.
15. Коэффициент теплоотдачи излучением. Степень черноты. Экранирование излучения.
16. Диффузионные процессы. Коэффициенты диффузии и массоотдачи.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – «зачет»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
не зачтено	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)