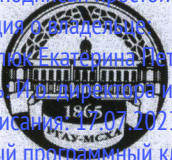


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Парлык Екатерина Петровна
Должность: Инженер института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 17.07.2023 10:25:42
Уникальный программный ключ:
7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

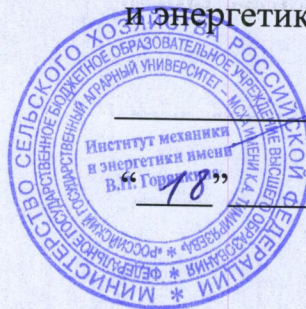


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**
(ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина



Н.А. Шевкун

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.36 «ТЕПЛОМАССОБМЕН»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность: «Энергообеспечение предприятий»

Курс 3

Семестр 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик (и): Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«14» 10 2022г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«14» 10 2022г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению/специальности подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий протокол № 3 от «14» 10 2022 г.

И.о. зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«14» 10 2022г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., академик РАН, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18» 10 2022г.

Заведующий выпускающей кафедрой Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«18» 10 2022г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)

Содержание

Аннотация.....	4
1. Цель освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в учебном процессе.....	5
3. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	6
4. Структура и содержание дисциплины.....	9
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	9
4.3 Лекции/лабораторные занятия.....	12
5. Образовательные технологии.....	17
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	20
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы.....	20
6.1.1. Пример вопросов и задания для защиты лабораторных работ.....	20
6.1.3. Тематика заданий на курсовую работу.....	25
6.1.4. Перечень вопросов для защиты курсовой работы.....	28
6.1.5. Перечень вопросов к экзамену.....	29
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	31
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	33
7.1 Основная литература.....	33
7.2 Дополнительная литература.....	33
7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	34
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	35
9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем перечень программного обеспечения.....	36
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	36
11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины.....	38
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	38
12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине.....	39

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.36 «Тепломассообмен» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий»

Цель освоения дисциплины научиться:

- ознакомить студентов с теоретическими и практическими знаниями логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания;
- разрабатывать с использованием информационных технологий методы в области тепломассообмена, построенных на новейших достижениях науки и техники;

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-3 (индикаторы достижения компетенций ОПК-3.3); ОПК-4 (индикаторы достижения компетенций ОПК-4.6, 4.7).

Краткое содержание дисциплины: основные понятия и определения теплообмена, способы распространения теплоты в пространстве, теплопроводность, коэффициент теплопроводности, конвекция, излучение, закон теплопроводности Фурье, стационарная и нестационарная теплопроводность, дифференциальное уравнение теплопроводности, конвективный теплообмен, дифференциальное уравнение конвективного теплообмена, динамический и тепловой пограничные слои, уравнение теплоотдачи Ньютона, основы теории подобия и ее применение для обобщения опытных данных по коэффициентам теплоотдачи, теплоотдача при вынужденной и естественной конвекции, кипении, конденсации, излучение, теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки, коэффициент теплопередачи, критический диаметр теплоизоляции, теплопередача в теплообменном аппарате, типы теплообменных аппаратов, схемы движения теплоносителей через рекуперативный теплообменник, средняя разность температур в теплообменном аппарате, интенсификация теплообмена, тепловой расчет теплообменника, основные понятия массообмена, массообменные процессы, диффузия, закон диффузии Фика, дифференциальное уравнение диффузии, конвективный массообмен, дифференциальное уравнение конвективного массообмена, диффузионный пограничный слой, массоотдача, критериальные уравнения конвективного массообмена, фазовое концентрационное равновесие, массопередача в системах без твердой фазы и в системах с твердой фазой.

Общая трудоемкость дисциплины: 6 зач. единицы (216 часа).

Промежуточный контроль: курсовая работа, экзамен.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.О.36 «Тепломассообмен» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к:

- навыкам применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- способности демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах;
- готовности к производственно-технологической профессиональной деятельности с использованием современных программных средств подготовки конструкторско-технологической документации, информационных технологий, современных цифровых инструментов Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлении коммуникации посредством Webinar, Zoom, Mentimeter.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Тепломассообмен» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана обязательной части блока Б1.О.36. Дисциплина «Тепломассообмен» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий». Согласно учебному плану изучается в шестом семестре.

Предшествующими дисциплинами являются курсы: Техническая термодинамика (3 курс, 5 семестр), Основы водоподготовки (3 курс, 5 семестр), Начертательная геометрия и инженерная графика (2 курс, 3 семестр), Теоретическая механика (2 курс, 3 семестр), Прикладная механика (2 курс, 4 семестр).

Сопутствующими дисциплинами являются курсы: Процессы и аппараты (3 курс, 5 семестр), Применение теплоты в АПК (3 курс, 5 семестр), Источники и системы теплоснабжения предприятий (3 курс, 5 семестр).

Дисциплина «Тепломассообмен» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Тепломассообменное оборудование предприятий (4 курс, 7 семестр), Источники и системы теплоснабжения предприятий (4 курс, 7 семестр), Системы отопления и вентиляции (4 курс, 8 семестр), Применение теплоты в АПК (4 курс, 7 семестр).

Особенностью дисциплины «Тепломассообмен» является то, что сформированные компетенции у обучающихся на предшествующих курсах влияют на освоение компетенций обучающимися по данной дисциплине.

Рабочая программа дисциплины «Тепломассообмен» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, в том числе цифровых, представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.3 Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии	химические процессы применительно к процессам теломассообмена с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	применять основные законы химии для анализа процессов тепломассообмена, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	методами применения основных законов химии для анализа тепломассообменных процессов, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom
2.	ОПК-4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4.6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	основные законы и способы переноса теплоты и массы в пространстве с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); органи-	рассчитывать процессы переноса теплоты и массы в пространстве, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять	методами расчета процессов переноса теплоты и массы в пространстве, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания,

			защиту его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
		ОПК-4.7 Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	основы теплообмена в теплотехнических установках с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	анализировать и рассчитывать процессы теплообмена в теплотехнических установках с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint); осуществлять организацию его монтажа, наладки, технического обслуживания, посредством электронных ресурсов, официальных сайтов	расчета процессов теплообмена в теплотехнических установках, в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab); организации его монтажа, наладки, технического обслуживания, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint; Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 6 семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч. в семестре № 6
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	216	216
Контактная работа	52,4	52,4
Аудиторная работа:	52,4	52,4
в том числе		
<i>лекции (Л)</i>	32	32
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16	16
<i>курсовая работа (консультации, защиты)</i>	2	2
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
Самостоятельная работа (СРС)	163,6	163,6
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	36	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам)</i>	103	103
<i>Подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	курсовая работа, экзамен	

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Введение	0,5	0,5	0	-	-	-
Раздел 1 «Теплообмен»	103,5	21,5		16		66
Тема 1. Основные понятия и определения теплообмена. Способы распространения теплоты в пространстве. Закон теплопроводности Фурье.	7,5	1,5	0			6
Тема 2. Стационарная теплопроводность	11	2	0	3		6
Тема 3. Нестационарная	11	2	0	3		6

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
теплопроводность						
Тема 4. Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности	8	2	0			6
Тема 5. Конвективный теплообмен. Теплоотдача	10	2	0	2		6
Тема 6. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ	8	2	0			6
Тема 7. Основы теории подобия	8	2	0			6
Тема 8. Применение теории подобия для описания теплоотдачи	11	2	0	3		6
Тема 9. Теплообмен излучением	10	2	0	2		6
Тема 10. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку	10	2	0			6
Тема 11. Теплопередача в теплообменных аппаратах	11	2	0	3		6
Раздел 2 «Массообмен»	47	10	0			37
Тема 12. Общие сведения о массообменных процессах.	9	2	0			7
Тема 13. Уравнение массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов.	9	2	0			7
Тема 14. Диффузия	9	2	0			7
Тема 15. Конвективный массообмен. Массоотдача.	10	2	0			8
Тема 16. Массопередача в системах с твердой фазой	10	2	0			8
Курсовая работа (КР) (консультация, защита)	38		0		2	36
Консультации перед экзаменом	2		0		2	
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4		0		0,4	
Контроль (подготовка к экзамену)	24,6		0			24,6
Всего за 6 семестр	216	32	0	16	4,4	163,6
Итого по дисциплине	216	32	0	16	4,4	163,6

Раздел 1 Теплообмен

Тема 1. Основные понятия и определения теплообмена. Способы распространения теплоты в пространстве. Закон теплопроводности Фурье

Предмет и задачи теории теплообмена; основные понятия и определения; виды переноса теплоты; закон теплопроводности Фурье; коэффициент теплопроводности; теплопроводность в металлах, диэлектриках, полупроводниках, жидкостях и газах.

Тема 2. Стационарная теплопроводность

Теплопроводность в плоской однослойной и многослойной стенках, теплопроводность в цилиндрической однослойной и многослойной стенках при

постоянной температуре стенок. Термическое сопротивление теплопроводности.

Тема 3. Нестационарная теплопроводность

Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности; условия однозначности задачи нестационарной теплопроводности, начальное условие, граничные условия теплообмена первого, второго, третьего и четвертого рода.

Тема 4. Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности

Методы решения нестационарных задач теплопроводности; анализ типовых решений задач нестационарной теплопроводности; внешняя и внутренняя задачи нестационарной теплопроводности; регулярный режим теплообмена.

Тема 5. Конвективный теплообмен. Теплоотдача

Перенос теплоты движущейся средой, динамический, тепловой и диффузионный пограничные слои, уравнение теплоотдачи Ньютона; коэффициент теплоотдачи. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.

Тема 6. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ

Вывод дифференциального уравнения конвективного теплообмена, сопоставление его с дифференциальным уравнением нестационарной теплопроводности.

Тема 7. Основы теории подобия

Подобие: геометрическое, временное, физических величин, полей физических величин, условий однозначности; теоремы подобия; критерии (числа) подобия и методы их получения; критериальное уравнение; π -теорема подобия; Методы получения критериев подобия.

Тема 8. Применение теории подобия для описания теплоотдачи

Числа подобия конвективного теплообмена; критериальные уравнения при естественной и вынужденной конвекции; теплоотдача при естественной и вынужденной конвекции, кипении и конденсации.

Тема 9. Теплообмен излучением

Общие понятия и определения лучистого теплообмена. Виды излучения. Тепловое излучение. Законы излучения. Спектральные характеристики тел. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Коэффициент облученности. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Защита от излучения. Излучение газов. Теплообмен излучением в топках и камерах сгорания.

Тема 10. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку

Понятие теплопередачи. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенки. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенки. Линейный коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Выбор материала тепловой изоляции.

Тема 11. Теплопередача в теплообменных аппаратах

Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Основные конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов. Прямоточная и противоточная схемы движения теплоносителей через рекуперативный теплообменный аппарат. Тепловой баланс рекуперативного теплообменника. Средняя разность температур в рекуперативном теплообменнике при прямотоке, противотоке, перекрестном токе, в многоходовом теплообменнике. Способы интенсификации теплообмена в теплообменном аппарате.

Раздел 2 Массообмен

Тема 12. Общие сведения о массообменных процессах

Основные понятия и определения массообмена. Способы переноса вещества в пространстве. Основные массообменные процессы: абсорбция, ректификация, жидкостная экстракция, адсорбция, сушка, экстрагирование из твердой фазы, ионообменный процесс, мембранное разделение. Фазовое концентрационное равновесие.

Тема 13. Уравнение массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов

Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов. Движущая сила массообменных процессов для случаев нелинейной и линейной равновесной зависимости. Модифицированные уравнения массопередачи.

Тема 14. Диффузия

Закон молекулярной концентрационной диффузии Фика. Коэффициент диффузии. Диффузия в газовых и жидких средах. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Условия однозначности задач диффузии. Аналогия между диффузией и теплопроводностью.

Тема 15. Конвективный массообмен. Массоотдача

Определение конвективного массообмена. Массоотдача. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи Щукарёва. Коэффициент массоотдачи. Дифференциальное уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Применение теории подобия для получения массообменных критериев подобия. Критериальные уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи для различных случаев массообмена.

Тема 16. Массопередача в системах с твердой фазой

Классификация материалов, составляющих твердую фазу. Перенос распределяемого вещества в твердой фазе в процессах сушки, адсорбции, экстрагирования. Уравнение массопроводности. Дифференциальное уравнение массопроводности и условия однозначности к нему.

4.3 Лекции/лабораторные занятия

Таблица 4

Содержание лекций, лабораторных занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.		Введение			0,5

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
2.	Раздел 1. «Теплообмен»				37,5
	Тема 1 <i>Основные понятия и определения теплообмена. Способы распространения теплоты в пространстве. Закон теплопроводности Фурье</i>	Лекция № 1 Основные понятия и определения теплообмена	ОПК-3.3 ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	1,5
	Тема 2 <i>Стационарная теплопроводность</i>	Лекция № 2 Стационарная теплопроводность	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 1 1) Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя 2) Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Защита лабораторной работы № 1 COUNT.EXE	32
	Тема 3 <i>Нестационарная теплопроводность</i>	Лекция № 3 Нестационарная теплопроводность	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 2 1) Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити; 2) Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Защита лабораторной работы № 2 COUNT.EXE	3
	Тема 4 <i>Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности</i>	Лекция № 4 Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности	ОПК-4.6	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 5 <i>Конвективный теплообмен.</i>	Лекция № 5 Конвективный теплообмен. Теплоотдача	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	<i>Теплоотдача</i>	Лабораторная работа № 3 1) Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре 2) Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Защита лабораторной работы № 3 COUNT.EXE	2
	Тема 6 <i>Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ</i>	Лекция № 6 Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ	ОПК-4.6	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 7 <i>Основы теории подобия</i>	Лекция № 7 Основы теории подобия	ОПК-4.6	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 8 <i>Применение теории подобия для описания теплоотдачи</i>	Лекция № 8 Применение теории подобия для описания теплоотдачи	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 4 1) Определение коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости 2) Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Защита лабораторной работы № 4 COUNT.EXE	3
	Тема 9 <i>Теплообмен излучением</i>	Лекция № 9 Теплообмен излучением	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 5 1) Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела 2) Расчет и представление результатов с использованием информационных технологий (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Защита лабораторной работы № 5 COUNT.EXE	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 10 <i>Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку</i>	Лекция № 10 Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку	ОПК-4.6	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 11 <i>Теплопередача в теплообменных аппаратах</i>	Лекция № 11 Теплопередача в теплообменных аппаратах	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
		Лабораторная работа № 6 Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Тестирование, Защита лабораторной работы № 6 COUNT.EXE	3
3	Раздел 2. « Массообмен»				10
	Тема 12 <i>Общие сведения о массообменных процессах</i>	Лекция № 1 Основные понятия и определения массообмена. Способы переноса вещества в пространстве. Основные массообменные процессы. Фазовое концентрационное равновесие	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 13 <i>Уравнение массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов</i>	Лекция № 13 Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов. Движущая сила массообменных процессов.. Модифицированные уравнения массопередачи	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 14 <i>Диффузия</i>	Лекция № 14 Закон диффузии Фика. Коэффициент диффузии. Диффузия в газовых и жидких средах. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Условия однозначности задач диффузии. Аналогия между диффузией и теплопроводностью	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2
	Тема 15 <i>Конвективный массообмен. Массоотдача</i>	Лекция № 15 Определение конвективного массообмена. Массоотдача. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи Шукарёва. Коэффициент массоотдачи.. Дифференциальное уравне-	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2

№ п/п	№ раздела	№ и название занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		ние конвективной диффузии. Критериальные уравнения			
	Тема 16 <i>Массопередача в системах с твердой фазой.</i>	Лекция № 16 Классификация материалов, составляющих твердую фазу. Перенос распределяемого вещества в твердой фазе. Уравнение массопроводности. Дифференциальное уравнение массопроводности	ОПК-4.6 ОПК-4.7	Mentimeter, Webinar, Zoom, Moodle	2

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1 «Теплообмен»		
1.	Тема 1 Основные понятия и определения теплообмена. Способы распространения теплоты в пространстве. Закон теплопроводности Фурье	1. Теплопроводность пористых и волокнистых материалов. 2. Современные теплоизоляционные материалы и предъявляемые к ним требования (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
2.	Тема 2 Стационарная теплопроводность	Практическое применение уравнений для расчета стационарной теплопроводности через плоскую и цилиндрическую стенки (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
3.	Тема 3 Нестационарная теплопроводность	Запись дифференциального уравнения теплопроводности в цилиндрической и сферической системах координат (одномерные задачи) (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
4.	Тема 4 Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности	Методы решения дифференциального уравнения теплопроводности (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
5.	Тема 5 Конвективный теплообмен. Теплоотдача	Изменение структуры теплового пограничного слоя по длине поверхности теплообмена (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
6.	Тема 6 Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ	Сравнение дифференциальных уравнений теплопроводности и конвективного теплообмена (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
7.	Тема 7 Основы теории подобия	π – теорема Бэкингема (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
8.	Тема 8 Применение теории подобия для описания теплоотдачи	1. Проблема масштабного перехода при перенесении результатов лабораторных исследований на промышленные объекты и вызывающие ее причины (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
9.	Тема 9 Теплообмен излучением	Излучение газов и паров (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
10.	Тема 10 Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку	Критический диаметр теплоизоляции (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
11.	Тема 11 Теплопередача в теплообменных аппаратах	Конструкции регенеративных теплообменников. Особенности их теплового расчета (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
Раздел 2 «Массообмен»		
12.	Тема 12 Общие сведения о массообменных процессах	Ионный обмен, мембранные методы разделения растворов (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
13.	Тема 13 Уравнение массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов	Аналогия между теплопередачей и массопередачей (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
14.	Тема 14 Диффузия	Аналогия между теплопроводностью и диффузией (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
15.	Тема 15 Конвективный массообмен. Массоотдача	Аналогия между уравнениями теплоотдачи и массоотдачи (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))
16.	Тема 16 Массопередача в системах с твердой фазой	Структура материалов твердой фазы. Основные механизмы массопереноса в твердой фазе (ОПК-3 (ОПК-3.3), ОПК-4 (ОПК-4.6, ОПК-4.7))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Тепломассообмен» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых плат-форм (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, экзамен;
- *основные формы практического обучения:* лабораторные работы;
- *дополнительные формы организации обучения:* курсовая работа (КР);
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциям и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении лабораторных работ;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1 Основные понятия и определения теплообмена. Способы распространения теплоты в пространстве. Закон теплопроводности Фурье.	Л	Проблемная технология
2.	Тема 2 Стационарная теплопроводность	Л	Проблемная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
3.	Тема 3 Нестационарная теплопроводность	Л	Проблемная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
4.	Тема 4 Анализ решений дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности	Л	Проблемная технология.
5.	Тема 5	Л	Проблемная технология

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	Конвективный теплообмен. Теплоотдача	ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
6.	Тема 6 Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и его анализ	Л	Проблемная технология
7.	Тема 7 Основы теории подобия	Л	Проблемная технология
8.	Тема 8 Применение теории подобия для описания теплоотдачи	Л	Проблемная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом timacad.ru, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
9.	Тема 9 Теплообмен излучением	Л	Проблемная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом timacad.ru, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
10.	Тема 10 Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку	Л	Проблемная технология
11.	Тема 11 Теплопередача в теплообменных аппаратах	Л	Проблемная технология
		ЛР	Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом timacad.ru, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
12.	Тема 12 Общие сведения о массообменных процессах	Л	Проблемная технология
13.	Тема 13 Уравнение массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов	Л	Проблемная технология
14.	Тема 14 Диффузия	Л	Проблемная технология
15.	Тема 15 Конвективный массообмен.	Л	Проблемная технология

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	Массоотдача	
16.	Тема 16 Массопередача в системах с твердой фазой	Л Проблемная технология

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении дисциплины «Тепломассообмен» в течение одного семестра используются следующие виды контроля самостоятельная работа студентов в виде выполнения курсовой работы.

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний включает:

3 курс, 6 семестр – защита лабораторных работ, задач и курсовой работы.

Промежуточный контроль знаний включает:

2 курс, 6 семестр – тестирование.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.1.1. Пример вопросов и задания для защиты лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. «Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя»:

1. При каких условиях - стационарных или нестационарных – получено в работе уравнение для определения коэффициента теплопроводности?
2. Какой физический смысл коэффициента теплопроводности?
3. Для каких материалов коэффициент теплопроводности больше и почему: а) для изоляционных материалов; б) для металлов?

Лабораторная работа № 2. «Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити»:

1. Напишите уравнение теплопроводности Фурье.
2. От чего зависит коэффициент теплопроводности газов? Каков порядок его величины?
3. Поясните величины, входящие в расчетное уравнение (6) . Как оно выводится?
4. Поясните устройство и принцип действия экспериментальной установки.
5. Какие величины и с помощью каких средств измеряются в опытах?
6. Каким образом определяется температура нити?
7. Для чего строится в работе зависимость $\Phi = f(t_n)$?
8. Как изменяется теплопроводность воздуха с температурой?

Лабораторная работа № 3. «Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре»:

1. Что такое конвективный теплообмен, теплоотдача, естественная конвекция?

2. Какие критерии являются определяющими в естественной конвекции?
9. Что такое "определяющая температура" и "определяющий" размер?
10. Каков физический смысл критерия Грасгофа?
11. Какая температура и какой геометрический размер берутся в качестве определяющих при расчете естественной конвекции?
12. Поясните схему экспериментальной установки. Какие величины измеряются в ходе эксперимента и с помощью каких приборов?
13. Какие величины рассчитываются по экспериментальным данным в данной лабораторной работе и с помощью каких формул?
14. Напишите уравнение теплоотдачи и поясните его.
15. Напишите общий вид критериального уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции и поясните, какие из входящих в него критериев являются определяющими и какие - определяемыми. Каков их физический смысл?

Лабораторная работа № 4. «Определение коэффициента теплоотдачи воздуха методом регулярного режима»:

1. Что такое коэффициент температуропроводности, что он собой выражает?
2. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности и объясните его.
3. Что такое критерий (число) Био? Каков его физический смысл?
4. Запишите выражение для критерия Fo и поясните его физический смысл.
5. Что такое «регулярный режим нагрева»?
6. Какой общий вид имеет решение дифференциального уравнения теплопроводности при $Bi \rightarrow 0$?
7. Что такое «температура нагрева»?
8. Напишите формулу, по которой вычисляется коэффициент теплоотдачи в работе и поясните её.
9. Расскажите порядок выполнения работы. Какие величины и с помощью каких средств измеряются в работе?

10. Коэффициент теплоотдачи для газов велик или мал и почему? В какой среде коэффициент теплоотдачи выше - в жидкой или газообразной и почему?

Лабораторная работа № 5. «Определение коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости»:

1. Какие режимы кипения вы знаете?
2. Почему коэффициент теплоотдачи при пленочном кипении ниже, чем при пузырьковом?
3. В чем состоит переход от пузырькового режима кипения к пленочному?
4. Какой порядок величин имеют коэффициенты теплоотдачи при кипении?
5. Зависимости какого вида используются для расчета коэффициентов теплоотдачи при кипении?
6. Объясните схему экспериментальной установки и порядок проведения опыта.

7. Какие величины и с помощью каких измерительных средств определяется в эксперименте?

8. Насколько отличаются опытные и расчетные коэффициенты теплоотдачи?

Лабораторная работа № 6. «Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела»:

1. Какие тела называют абсолютно черными?

2. Запишите и объясните закон Стефана-Больцмана.

3. Что такое коэффициент излучения абсолютно черного тела и серого тела?

4. Что такое степень черноты тела?

5. Опишите экспериментальную установку для определения коэффициента излучения и интегральной степени черноты тела.

6. Назовите измеряемые и подсчитываемые по формулам величины. Как они измеряются? Как подсчитываются?

Лабораторная работа № 7. «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе»:

1. Что такое коэффициент теплопередачи?

2. Что такое коэффициент теплоотдачи?

3. В каком случае теплопередача интенсивнее: у гладкой трубы или ребристой?

4. Со стороны какого теплоносителя оребряют поверхность при теплопередаче?

5. Какая разница между теплоотдачей и теплопередачей?

6. Объясните устройство и работу экспериментальной установки.

7. Какие величины измеряются в данной лабораторной работе и с помощью каких средств?

8. Какие величины рассчитываются в данной лабораторной работе и по каким формулам?

6.1.2. Перечень тестов, выносимых на промежуточную аттестацию

1. Конвекция возможна:

1. в жидкости и газе;

2. в газе;

3. в твердом теле;

4. в вакууме.

2. Молекулярный процесс передачи теплоты называется

1. Теплопередачей;

2. Теплопроводностью;

3. Конвекцией;

4. Конвективным теплообменом.

3. Чему равна плотность теплового потока, если коэффициент теплоотдачи от среды к стенке $35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, температура среды 21°С , температура стенки 20°С ?

4. Начальная температура горячего теплоносителя 200°C , конечная температура 10°C , начальная температура холодного теплоносителя 10°C , конечная температура 90°C . Определить среднюю логарифмическую температуру (в $^{\circ}\text{C}$) в случае противотока.

5. Теплообменный аппарат, в котором теплота от горячего к холодному теплоносителю передается через разделительную стенку, называется

1. регенеративным;
2. смесительным;
3. рекуперативным.

6. Чему равна теплопроводность стенки толщиной 20 мм, если температура на внутренней поверхности стенки 30°C , на внешней 29°C , тепловые потери $50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

7. Чему равна плотность теплового потока (в $\text{Вт}/\text{м}^2$) в случае теплопередачи через плоскую стенку (коэффициент теплоотдачи от горячей среды с температурой 50°C к стенке $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплоотдачи от стенки к холодной среде с температурой 0°C $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, толщина стенки 20 см, \square – коэффициент теплопроводности стенки $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)?

8. Чему равна плотность теплового потока через плоскую стенку в случае теплопередачи, если термическое сопротивление теплопередаче $0,1 \text{ (мК)}/\text{Вт}$, температура горячей среды 20°C , температура холодной среды 10°C .

9. Наружный диаметр трубопровода равен $d = 20 \text{ мм}$. Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубопровода к обтекающей ее среде равен $\alpha = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности одного теплоизолирующего материала $\lambda_1 = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, коэффициент теплопроводности другого теплоизолирующего материала $\lambda_2 = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Дать заключение о пригодности теплоизолирующих материалов для теплоизоляции трубопровода:

1. Пригоден первый материал,
2. Пригоден второй материал,
3. Пригодны оба материала.

10. Линейный коэффициент теплопередачи теплоотдачи равен $0,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, температура воды, протекающей по трубопроводу, равна $t_1 = 90^{\circ}\text{C}$, температура наружной среды $t_2 = -10^{\circ}\text{C}$, длина теплоотдачи $l = 1 \text{ км}$. Найти теплопотери теплоотдачи в окружающую среду Φ (Вт) на этом ее участке.

11. Процесс переноса массы одновременно конвекцией и диффузией называется:

1. Диффузией;
2. Массоотдачей;

1. Конвекцией;
2. Конвективным массообменом.

12. Равновесие в массообмене – это:

1. Установившийся процесс массообмена в аппарате.
2. Равенство концентраций распределяемого вещества во взаимодействующих фазах.
3. Соотношение концентраций распределяемого вещества во взаимодействующих фазах при бесконечно большом времени контакта фаз.
4. Независимость концентрации распределяемого вещества в фазе, взаимодействующей с другой фазой, от ее концентрации.

13. Конвекция возможна:

1. В жидкости и газе;
2. В газе;
3. В твердом теле;
4. В жидкости, газе, твердом теле и в вакууме.

14. Массопередача – это:

1. Перенос вещества из ядра потока к поверхности раздела фаз.
2. Перенос вещества внутри фазы.
3. Перенос вещества из одной фазы в другую через поверхность раздела фаз.
4. Перенос вещества из рабочего состояния в равновесное состояние.

15. Фаза в массопередаче – это:

1. Вещество, находящееся под электрическим напряжением.
2. Термодинамическая система, находящаяся в аппарате.
3. Часть термодинамической системы, находящейся в аппарате, обладающая однородными свойствами.
4. Газовая или жидкая среда в аппарате.

16. Основное уравнение массопередачи описывает:

1. Массопередачу при прямоточном движении фаз в аппарате.
2. Массопередачу при противоточном движении фаз в аппарате.
3. Массопередачу при стационарном режиме работы аппарата
4. Массопередачу независимо от условий работы аппарата.

17. Уравнение массоотдачи описывает:

1. Массообмен между двумя фазами через поверхность раздела фаз.
2. Массообмен между поверхностью раздела фаз и ядром потока фазы через диффузионный пограничный слой, когда концентрация распределяемого вещества у поверхности раздела фаз больше, чем в ядре потока.
4. Массообмен между поверхностью раздела фаз и ядром потока фазы через диффузионный пограничный слой, когда концентрация распределяемого вещества у поверхности раздела фаз меньше, чем в ядре потока.

18. Модифицированное уравнение массопередачи применяют:

1. Когда поверхность фазового контакта геометрически неопределима.
2. При противотоке.
3. При прямотоке.
4. При нестационарной массопередаче.

19. Средняя движущая сила процесса при массопередаче в массообменном аппарате в общем случае вычисляется:

1. Как среднелогарифмическая величина.
2. Через число единиц переноса.
3. Как среднеарифмитическая величина.
4. Как среднелогарифмическая величина с поправочным коэффициентом, учитывающим схему движения фаз через аппарат.

20. Рабочая линия процесса для массообменного аппарата линейна:

1. При любом способе выражения состава фаз.
2. При определенном способе выбора состава фаз.
3. При прямотоке.
4. При противотоке.

6.1.3. Тематика заданий на курсовую работу

Курсовая работа выполняется по теме 11 «Теплопередача в теплообменных аппаратах». Тема курсовой работы: «Расчет и проектирование рекуперативного теплообменного аппарата». Студенты выполняют курсовую работу в соответствии с индивидуальным заданием. Индивидуальные задания отличаются друг от друга: 1) назначением теплообменного аппарата (нагрев, охлаждение, конденсация пара, парообразование), типом рассчитываемого и проектируемого теплообменного аппарата (в заданиях используются три типа теплообменных аппаратов: «труба в трубе», кожухотрубный, пластинчатый), видом теплоносителя (вода, насыщенный водяной пар, воздух), схемой движения теплоносителей в аппарате (прямоток, противоток, многоходовое движение), в случае конденсации пара – расположением теплообменника в пространстве (горизонтальное или вертикальное).

При выполнении курсового проекта используют основные цифровые инструменты (Mathcad, Matlab, AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint).

Номер получаемого студентом задания соответствует его номеру в журнале преподавателя. Ниже представлены задания на курсовую работу.

1. Рассчитать и спроектировать прямоточный кожухотрубный теплообменник для нагрева воздуха водой.

Исходные данные: расход воздуха $G_x = 3000$ кг/ч; температура воздуха $t_{x.н} = 20^\circ\text{C}$; $t_{x.к} = 80^\circ\text{C}$; температура воды $t_{г.н} = 150^\circ\text{C}$; $t_{г.к} = 100^\circ\text{C}$.

2. Рассчитать и спроектировать противоточный теплообменник типа «труба в трубе» для нагрева воды водой.

Исходные данные: расход холодной воды $G_x = 900$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x.н} = 20^\circ\text{C}$; $t_{x.к} = 70^\circ\text{C}$; температура горячей воды $t_{г.н} = 95^\circ\text{C}$; $t_{г.к} = 50^\circ\text{C}$.

3. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для конденсации водяного пара водой.

Исходные данные: расход пара $G_r=3000$ кг/ч; температура воды $t_{x.n.}=20^\circ\text{C}$; $t_{x.k.}=70^\circ\text{C}$; Давление пара $p_r=7$ ати.

4. Рассчитать и спроектировать горизонтальный кожухотрубный теплообменник для нагрева воздуха водяным паром.

Исходные данные: расход воздуха $G_x=5000$ кг/ч; температура воздуха $t_{x.n.}=20^\circ\text{C}$; $t_{x.k.}=100^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=11$ ати.

5. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для охлаждения воздуха воздухом.

Исходные данные: расход охлаждаемого воздуха $G_r=4000$ кг/ч; температура горячего воздуха $t_{г.н.}=90^\circ\text{C}$; $t_{г.к.}=35^\circ\text{C}$; температура холодного воздуха $t_{х.н.}=20^\circ\text{C}$; $t_{х.к.}=50^\circ\text{C}$.

6. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для нагрева воды водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=6000$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x.n.}=70^\circ\text{C}$; $t_{x.k.}=95^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=9$ ати.

7. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для нагрева воды водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=8000$ кг/ч; температура воды $t_{x.n.}=70^\circ\text{C}$; $t_{x.k.}=95^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=12$ ати.

8. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для охлаждения воздуха водой.

Исходные данные: расход холодного воздуха $G_r=2000$ кг/ч; температура воздуха $t_{г.н.}=110^\circ\text{C}$; $t_{г.к.}=35^\circ\text{C}$; температура воды $t_{х.н.}=15^\circ\text{C}$; $t_{х.к.}=35^\circ\text{C}$.

9. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник (кипятильник) для выпаривания воды водяным паром.

Исходные данные: расход выпариваемой воды $G_x=4000$ кг/ч; начальная температура воды $t_{х.н.}=100^\circ\text{C}$; давление выпариваемой воды – атмосферное; давление греющего пара $p_r=8$ ати.

10. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для охлаждения воды водой.

Исходные данные: расход горячей воды $G_r=5000$ кг/ч; температура горячей воды $t_{г.н.}=130^\circ\text{C}$; $t_{г.к.}=40^\circ\text{C}$; температура холодной воды $t_{х.н.}=35^\circ\text{C}$; $t_{х.к.}=60^\circ\text{C}$.

11. Рассчитать и спроектировать горизонтальный теплообменник типа «труба в трубе» для конденсации водяного пара водой.

Исходные данные: расход пара $G_r=1000$ кг/ч; давление греющего пара – атмосферное; температура воды $t_{х.н.}=25^\circ\text{C}$, $t_{х.к.}=40^\circ\text{C}$.

12. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для охлаждения воздуха водой.

Исходные данные: расход воздуха $G_r=2000$ кг/ч; температура воздуха $t_{г.н.}=130^\circ\text{C}$, $t_{г.к.}=60^\circ\text{C}$; температура воды $t_{х.н.}=15^\circ\text{C}$, $t_{х.к.}=70^\circ\text{C}$.

13. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для конденсации водяного пара воздухом.

Исходные данные: Расход пара $G_r=2500$ кг/ч; давление пара $p_r=3$ ати; $t_{х.н.}=15^\circ\text{C}$, $t_{х.к.}=90^\circ\text{C}$.

14. Рассчитать и спроектировать теплообменник типа «труба в трубе» для нагрева воды водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=1500$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x,н.}=10^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=65^\circ\text{C}$; давление пара $p_r=8$ ати.

15. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для нагрева воды водой.

Исходные данные: расход холодной воды $G_x=5000$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x,н.}=15^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=65^\circ\text{C}$; температура горячей воды $t_{г,н.}=140^\circ\text{C}$, $t_{г,к.}=90^\circ\text{C}$.

16. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для конденсации водяного пара водой.

Исходные данные: расход пара $G_r=1800$ кг/ч; давление пара $p_r=5$ ати; температура холодной воды $t_{x,н.}=20^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=80^\circ\text{C}$.

17. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для нагрева воздуха водяным паром.

Исходные данные: расход воздуха $G_x=2000$ кг/ч; температура воздуха $t_{x,н.}=-20^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=10^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=4$ ати.

18. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный кипятильник воды водяным паром.

Исходные данные: расход выпариваемой воды $G_x=1500$ кг/ч; вода на входе в кипятильник нагрета до температуры кипения; давление выпариваемой воды $p_x=2$ ати; давление греющего пара $p_r=6$ ати.

19. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для охлаждения воздуха водой.

Исходные данные: расход воздуха $G_r=3000$ кг/ч; температура воздуха $t_{г,н.}=150^\circ\text{C}$, $t_{г,к.}=40^\circ\text{C}$; температура воды $t_{x,н.}=150^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=70^\circ\text{C}$.

20. Рассчитать и спроектировать горизонтальный кожухотрубный теплообменник для нагрева воздуха водяным паром.

Исходные данные: расход воздуха $G_x=2500$ кг/ч; температура воздуха $t_{x,н.}=-10^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=50^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=9$ ати.

21. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для нагрева воздуха водяным паром.

Исходные данные: расход воздуха $G_x=1500$ кг/ч; температура воздуха $t_{x,н.}=0^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=-10^\circ\text{C}$; давление пара $p_r=11$ ати.

22. Рассчитать и спроектировать пластинчатый конденсатор водяного пара водой.

Исходные данные: расход пара $G_r=2000$ кг/ч; давление пара $p_r=2$ ати; температура воды $t_{x,н.}=20^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=50^\circ\text{C}$.

23. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для нагрева воды паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=4000$ кг/ч; температура воды $t_{x,н.}=35^\circ\text{C}$, $t_{x,к.}=65^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=8$ ати.

24. Рассчитать и спроектировать вертикальный кожухотрубный теплообменник для выпаривания воды (кипятильник) водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=2500$ кг/ч; вода на входе в кипятильник нагрета до температуры кипения; давление выпариваемой воды $p_x=3$ ати; давление греющего пара $p_r=9$ ати.

25. Рассчитать и спроектировать пластинчатый теплообменник для нагрева воды водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=4000$ кг/ч; температура воды $t_{x.н}=50^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=90^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=6$ ати.

26. Рассчитать и спроектировать теплообменник типа «труба в трубе» для нагрева воды водяным паром.

Исходные данные: расход воды $G_x=800$ кг/ч; температура воды $t_{x.н.}=30^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=80^\circ\text{C}$; давление греющего пара $p_r=8$ ати.

27. Рассчитать и спроектировать теплообменник типа «труба в трубе» для охлаждения воды водой.

Исходные данные: расход горячей воды $G_r=500$ кг/ч; температура горячей воды $t_{r.н.}=90^\circ\text{C}$, $t_{r.к.}=50^\circ\text{C}$; температура холодной воды $t_{x.н.}=15^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=40^\circ\text{C}$.

28. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для охлаждения воды водой.

Исходные данные: расход горячей воды $G_r=7000$ кг/ч; температура горячей воды $t_{r.н.}=130^\circ\text{C}$, $t_{r.к.}=80^\circ\text{C}$; температура холодной воды $t_{x.н.}=30^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=75^\circ\text{C}$.

29. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для нагрева воды водой.

Исходные данные: расход холодной воды $G_x=4000$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x.н.}=30^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=60^\circ\text{C}$; температура горячей воды $t_{r.н.}=150^\circ\text{C}$, $t_{r.к.}=70^\circ\text{C}$.

30. Рассчитать и спроектировать кожухотрубный теплообменник для нагрева воды водой.

Исходные данные: расход холодной воды $G_x=6000$ кг/ч; температура холодной воды $t_{x.н.}=40^\circ\text{C}$, $t_{x.к.}=80^\circ\text{C}$; температура горячей воды $t_{r.н.}=120^\circ\text{C}$, $t_{r.к.}=100^\circ\text{C}$.

6.1.4. Перечень вопросов для защиты курсовой работы

1. Поясните, чем обусловлен выбор схемы движения теплоносителей (прямоточная или противоточная) в теплообменном аппарате. Каковы преимущества и недостатки той и другой схемы?

2. Какой вид критериальной зависимости применяется при расчете коэффициента теплоотдачи при вынужденном установившемся движении теплоносителя?

3. Какой вид критериальной зависимости применяется при расчете коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции?

4. Что создает термическое сопротивление теплоотдаче при пленочной конденсации пара?

5. Какие режимы теплоотдачи наблюдаются при кипении жидкостей? Какой режим является рабочим и почему?

6. Какие существуют способы интенсификации теплоотдачи?

7. Напишите формулу для коэффициента теплопередачи для плоской многослойной стенки.

8. С какой стороны стенки при теплопередаче надо интенсифицировать теплообмен и почему?
9. Назовите преимущества и недостатки теплообменника типа «труба в трубе».
10. Назовите преимущества и недостатки кожухотрубного теплообменника.
11. Назовите преимущества и недостатки пластинчатого теплообменника.
12. По какой формуле рассчитывается средняя разность температур в теплообменном аппарате при прямотоке, противотоке и в многоходовом теплообменнике?
13. Почему при расчете коэффициента теплоотдачи со стороны конденсирующегося пара необходимо учитывать ориентацию теплообменника в пространстве (вертикальное или горизонтальное расположение)?
14. При прочих равных условиях у какого теплоносителя – жидкого или газообразного коэффициенты теплоотдачи больше и почему?
15. Почему в теплообменниках с теплоносителями «жидкость» и «газ» оребряют поверхность теплообмена, обращенную к газу?
16. В каком случае коэффициент теплоотдачи самый маленький и в каком самый большой: а) теплоноситель – газ, б) теплоноситель – жидкость, в) теплоноситель – конденсирующийся насыщенный пар?
17. Каким образом можно увеличить коэффициент теплоотдачи при движении жидкости или газа в теплообменнике?
18. В каком диапазоне должны быть скорости жидкости и газа в теплообменнике и почему?

6.1.5. Перечень вопросов к экзамену

Раздел 1 Теплообмен

1. Основные понятия и определения теплообмена.
2. Способы распространения теплоты в пространстве.
3. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность в газах, жидкостях, твердых телах.
4. Стационарная теплопроводность через плоскую стенку: однослойную и многослойную. Термическое сопротивление стенки.
5. Стационарная теплопроводность через цилиндрическую, стенку: однослойную и многослойную. Линейная плотность теплового потока. Термическое сопротивление стенки.
6. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности.
7. Условия однозначности задач нестационарной теплопроводности. Краевые условия. Граничные условия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода.
8. Общий вид решений задач нестационарной теплопроводности для пластины, цилиндра и шара при граничном условии 3-го рода.
9. Конвективный теплообмен. Уравнение теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи и его физический смысл. Термическое сопротивление теплоотдачи.

10. Понятие о динамическом, тепловом и диффузионном пограничных слоях.
11. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена (уравнение энергии).
12. Основы теории подобия. Подобие: геометрическое, временное, физических величин, полей физических величин, условий однозначности.
13. Числа (критерии) подобия. Первая теории подобия. Критерии подобия конвективного теплообмена.
14. Числа (критерии) подобия. 3-я теорема подобия. Критериальные уравнения.
15. Метод приведения для получения критериев подобия.
16. Теплоотдача при естественной и вынужденной конвекции.
17. Теплоотдача при кипении.
18. Теплоотдача при конденсации.
19. Тепловое излучение. Основные понятия и определения. Степень черноты. Коэффициенты поглощения, отражения и пропускания.
20. Законы лучистого теплообмена.
21. Теплопередача через плоскую стенку: однослойную и многослойную. Коэффициент теплопередачи. Общее термическое сопротивление.
22. Теплопередача через цилиндрическую стенку: однослойную и многослойную. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки.
23. Теплообмен излучением: результирующий тепловой поток между телами в пространстве.
24. Прямоточная и противоточная схемы движения теплоносителей через рекуперативный теплообменник. Преимущества и недостатки противотока и прямотока в рекуперативном теплообменном аппарате.
25. Критический диаметр теплоизоляции.
26. Типы теплообменных аппаратов.
27. Вывод средней разности температур для прямоточного рекуперативного теплообменного аппарата.
28. Средняя разность температур рекуперативного теплообменного аппарата при прямотоке, противотоке и перекрестном токе.
29. Интенсификация теплообмена в теплообменных аппаратах.

Раздел 2 Массообмен

1. Основные понятия и определения массообмена. Способы переноса распределяемого вещества в пространстве.
2. Характеристика основных массообменных процессов.
3. Массопередача. Фазовое равновесие в процессах массопередачи.
4. Основное уравнение массопередачи.
5. Движущая сила массообменных процессов и ее представление в фазовых «х - у» координатах.
6. Материальный баланс массообменных процессов.
7. Средняя движущая сила массообменных процессов для случаев нелинейной и равновесной зависимости.
8. Модифицированные уравнения массопередачи.

9. Аналогия между теплопередачей и массопередачей.
10. Уравнение диффузии Фика. Коэффициент диффузии. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах.
11. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии.
12. Условия однозначности к дифференциальному уравнению молекулярной диффузии. Краевые условия. Граничные условия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода.
13. Аналогия между диффузией и теплопроводностью.
14. Конвективный массообмен. Уравнение массоотдачи Щукарева. Коэффициент массоотдачи.
15. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена.
16. Числа (критерии) подобия конвективного массообмена. Общий вид критерийных уравнений конвективного массообмена при массообмене.
17. Анализ дифференциального уравнения конвективного массообмена.
18. Аналогия между теплоотдачей и массоотдачей.
19. Массопередача в системах с твердой фазой. Общая схема массоотдачи. Уравнение массопроводности.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника.

Для допуска к экзамену 3 курс 6 семестр необходимо: выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, лабораторных работ и тестирования, а также выполнение курсовой работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Тепломассообмен» применяется традиционная система оценки текущего и промежуточного контроля освоения программы.

Знания оцениваются:

- 3 курс 6 семестр: по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;

Критерии оценивания промежуточного контроля (экзамен)

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой

	изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний)
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа зачетных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студентом основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – не сформированы

Критерии оценивания письменного и устного опроса

Таблица 9

Оценка	Критерии оценивания
«зачтено»	- заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad
«незачтено»	- заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Таблица 10

Оценка	Критерии оценивания
лабораторная работа «зачтена»	лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4
лабораторная работа «незачтена»	Лабораторная работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; лабораторная работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А4

Критерии оценивания курсовой работы

Таблица 11

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично»: - расчетно-пояснительная записка выполнена качественно и не содержит ошибок, студент сделал содержательный, логически стройный доклад, дал вывод по излагаемому материалу, правильно ответил на поставленные вопросы, знает авторов - исследователей (ученых) по дан-

	ной проблеме. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – в расчетно-пояснительной записке имеются отдельные небольшие неточности, студент представил грамотное изложение содержания работы по существу, дал вывод по изложенному материалу, в целом правильно ответил на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован хороший уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – расчетно-пояснительная записка, в целом, удовлетворяет предъявляемым требованиям, но содержит некоторые неточности или погрешности в оформлении, студент имеет общие знания основного материала по теме курсовой работы, но без усвоения некоторых существенных положений, формулирует основные понятия с некоторой неточностью, затрудняется в ответах на поставленные вопросы. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – курсовая работа не выполнена в полном объеме или содержит существенные ошибки, студент не смог сделать доклад, поясняющий выполненную работу, допустил существенные ошибки в процессе ее изложения, не умеет выделить главное и сделать вывод, приводит ошибочные определения. При оформлении работы выполнен набор текста в формате Word, шрифт Times New Roman 14, листы формат А1. При защите курсовой работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Рудобашта С.П. Теплотехника. Изд. 2-е, доп. Допущено Минсельхозом РФ в качестве учебника для агроинженерных вузов (базовый учебник) [текст] М.: Перо. 2015. – 672 с.
2. Кузнецов А.В., Рудобашта С.П., Симоненко А.В. [текст] Основы теплотехники, топливо и смазочные материалы – М.: Колос, 2001. – 246 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Круглов, Г.А. Теплотехника: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1017-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3900>
2. Логинов, В.С. Практикум по основам теплотехники : учебное пособие / В.С. Логинов, В.Е. Юхнов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3377-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112679>

3. Теплотехника. Практический курс: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова, М.В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96253>

4. Рудобашта, С.П. Теплотехника. Задания для контрольной работы: практикум / С. П. Рудобашта, Е. Л. Бабичева, Ю. А. Канатников; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 114 с.: рис., табл. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo313.pdf>.

5. Осмонов, О.М. Общая энергетика: учебное пособие / О. М. Осмонов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015 — 98 с.: рис., табл. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/186.pdf>.

7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Методические указания к лабораторным работам:

– № 1. «Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 2. «Определение зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 3. «Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 4. «Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 5. «Определение коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 6. «Определение коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.);

– № 7. «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе» (Рудобашта, С.П., Федотов, Е.И.).

2. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Справочник в 4-х кн. Книга 1 / Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Изд – во МЭИ. 1999. - 528 с.

3. Каталог – справочник: Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 1 -3. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. - 988 с.

4. Приборы разного типа для определения теплотехнических параметров: измерители температуры, давления, влажности воздуха.

5. Промышленный кожухотрубный теплообменник.

6. Плакаты:
 - единицы измерения теплотехнических величин;
 - с иллюстрацией закона теплопроводности и значениями коэффициента теплопроводности в разных средах;
 - с изображением теплового пограничного слоя и записью уравнения теплоотдачи Ньютона;
 - иллюстрирующий лучистый теплообмен и закон Стефана-Больцмана;
 - иллюстрирующий теплообмен при кипении жидкости;
 - иллюстрирующий теплообмен при конденсации пара.
7. Стенды:
 - для определения коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя;
 - для определения зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити,
 - для определения коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на горизонтальном обогреваемом цилиндре,
 - для определения коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима,
 - для определения коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости,
 - для определения коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела,
 - для определения коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе,
 - для испытания пластинчатого и кожухотрубного теплообменника,
8. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара (10 книг).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://kiev.goldenpages.ua/details/449147/286/> - промышленная тепло-техника (открытый доступ).
2. <http://www.twirpx.com/files/tek/periodic/teploenergetika/> - теплоэнергетика (открытый доступ).
3. <http://www.promen.energy-journals.ru/> - промышленная энергетика (открытый доступ).
4. <http://www.ntsni.ru/?yclid=3116444075139009561/> - новости теплоснабжения (открытый доступ).
5. <https://portal.timacad.ru/> – учебно-методический портал (открытый доступ).
6. <http://rucont.ru> – электронно-библиотечная система (открытый доступ).
7. <http://www2.viniti.ru> – базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki> – теплопередача (открытый доступ).

9. <https://www.google.ru/>, <http://elementy.ru/trefil/>, <http://files.school-collection.edu.ru/>, <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/>, <http://www.vedu.ru/expdic/> - теплообмен (открытый доступ).

10. <http://stringer46.narod.ru/Radiation.htm> - теплообмен излучением (открытый доступ).

11. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>, <http://slovari.yandex.ru/>, <http://tolkslovar.ru/m2376.html> - массообмен (открытый доступ).

12. <http://lab5.ru/glava-ix/> - основы процессов массообмена (открытый доступ).

13. <http://www.labh.ru/index/chast-2-massoobmennye-protsessy-i-apparaty/massoobmennye-protsessy-i-apparaty/>, <http://gendocs.ru/> - массообменные процессы и аппараты (открытый доступ).

Таблица 12

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1-2	<i>V-TEST</i>	контролирующая	ФГБОУ ВПО МГАУ	2004
2	Разделы 1-2	Microsoft Office 2013	оформительная	Microsoft	2013

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Практические занятия проводятся в 24 корпусе в кабинетах № 201, № 214, № 314 в аудиторное время, либо в лаборатории во внеаудиторное время. Учебные классы кафедры оснащаются наглядными демонстрационными моделями, макетов устройств, стендами.

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Таблица 13

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Лаборатории № 201 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) лабораторная установка для определения коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя (Инв.№ 410134000001552); 2) лабораторная установка для определения зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от температуры методом нагретой нити (Инв.№ 210134000002081); 3) лабораторная установка для определения ко-

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
	<p>эфициента теплоотдачи при естественной конвекции на горизонтальном обогреваемом цилиндре (Инв.№ 210134000002082);</p> <p>4) лабораторная установка для определения коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима (Инв.№ 410134000001548);</p> <p>5) лабораторная установка для определения коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости (Инв.№ 410134000001549);</p> <p>6) лабораторная установка для определения коэффициента излучения и интегральной степени черноты твёрдого тела (Инв.№ 410134000001550);</p> <p>7) лабораторная установка для определения коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (Инв.№ 410134000001551);</p> <p>8) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 для слайд-презентаций (Инв.№ 210134000002560);</p> <p>9) проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240*240 NW (DSEM-1106) (Инв.№ 410138000002636);</p> <p>10) компьютер (Инв.№ 210134000001871)</p>
<p>Лаборатории № 214 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус</p>	<p>Лаборатория содержит:</p> <p>1) пластинчатый теплообменник (Инв.№ 410134000001780);</p> <p>2) кожухотрубный теплообменник (Инв.№ 410134000001622);</p> <p>3) преобразователь температуры КТПТР-05 с бо-бышками угловыми (Инв.№ 410134000002554);</p> <p>4) экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938);</p> <p>5) тепловая завеса КЕН-37В (Инв.№ 210134000002256);</p> <p>6) комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798);</p> <p>7) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632954);</p> <p>8) компьютер (Инв.№ 210134000001864)</p>
<p>Лаборатория в общем зале в корпусе по адресу: ул. Тимирязевская, д.51. Корпус полностью занимает кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»</p>	<p>Лаборатория содержит:</p> <p>1) теплосчетчик ВИС.Т ТС-200 со встроенным информационно-вычислительный (Инв.№ 410134000001624)</p>
<p>Лаборатории № 314 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус</p>	<p>Лаборатория содержит:</p> <p>1) экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855);</p>

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
	2) проектор для слайд-презентаций (Инв.№); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632955); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001865)

Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающие 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов, а также комнаты для самоподготовки в общежитии № 5 и № 4.

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине «Тепломассообмен» организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся), в том числе с применением современных программных продуктов (AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, SimInTech).

Учебные занятия представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости: лекции, практические занятия, тестирование, групповые консультации, самостоятельная работа обучающихся.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

При подготовке к практическому занятию студент должен повторить теоретический материал по лекции, а также по учебникам и учебным пособиям, рекомендуемым настоящей программой. На каждое практическое занятие и практическую работу студент должен иметь тетрадь, карандаш, линейку, циркуль, угольник, транспортир.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать тему и представить преподавателю, проводящему данный вид занятия, конспект занятия. Студент, не посещавший или пропустивший большое число лекций, для допуска к экзамену должен самостоятельно изучить материалы на учебно-методическом портале (открытый доступ) по ссылке <https://portal.timacad.ru/>.

Студент, пропустивший лабораторную работу и практические занятия, отрабатывает его в согласованное с преподавателем время.

Студент получает допуск к экзамену если выполнены и защищены лабораторные работы, курсовая работа, а также имеется в наличии рукописный конспект лекций.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Согласно учебному плану и графику учебного процесса процессе преподавания дисциплины для организации условий освоения студентами компетенций используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной), активные (проблемное обучение, коллективно-групповое обучение) и интерактивные технологии (дистанционная технология, электронное обучение, ТВ-технологии, сетевые технологии), в том числе с применением современных программных продуктов (MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ (Webinar, Zoom, Mentimeter) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, Fotor, SimInTech).

Для повышения уровня знаний по дисциплине у студентов, необходимо искать пути совершенствования методики преподавания: использование разнообразных форм, методов и приёмов активизации познавательной деятельности учащихся (в т.ч. активных и интерактивных); использование наглядного материала – таблиц, рисунков, схем, демонстрация опытов; решение типовых задач как метод обучения современных проблем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий; использование различных форм организации самостоятельной работы студентов: индивидуальная, групповая, коллективная; организация индивидуальной работы студентов с учётом уровня подготовки; применение систематического контроля различных видов в процессе обучения.

Научной основой для преподавания дисциплины является методология системного подхода к человеку. Важно стремиться эффективно организовать и оптимизировать самостоятельную работу студентов.

Программу разработал: Рудобашта С.П., д.т.н., профессор

« _____ » « _____ » 2022 г.

_____ (подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.36 «Тепломассообмен» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Тепломассообмен» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» направленность Энергообеспечение предприятий (квалификация выпускника – бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» в соответствии с Учебным планом по программе бакалавриата (разработчик – Рудобашта Станислав Павлович, профессор кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктор технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Тепломассообмен» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Тепломассообмен» закреплены следующие **компетенции**: ОПК-3 и ОПК-4 (индикаторы компетенций ОПК-3.3, ОПК-4.6, ОПК-4.7). Дисциплина «Тепломассообмен» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоемкость дисциплины «Тепломассообмен» составляет 6 зачетных единицы (216 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Тепломассообмен» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемых при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Тепломассообмен» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоемкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (выполнение лабораторных работ, опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании, выполнение курсовой работы

и аудиторных заданиях - работа с технической литературой), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

11. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена и защиты курсовой работы, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника».

Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 5 наименований, методическими указаниями и рекомендациями – 8 источника, периодическими изданиями (научно-технические журналы) – 4 источника, Интернет-ресурсы – 13 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «**Тепломассообмен**» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «**Тепломассообмен**».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «**Тепломассообмен**» ОПОП ВО по направлению **13.03.01** «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная профессором кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий», доктором технических наук Рудобаштой С.П. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент, кандидат технических наук _____ « 14 » 10 2022 г.

(подпись)