



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИТЭ  
протокол №8 от 16.04.2024

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Теплоэнергетики  
\_\_\_\_\_ Чичирова Н.Д.

«21»июня 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Явления переноса в энергетике

Направление подготовки 16.04.01 Техническая физика

Направленность(и) (профиль(и)) Теплофизика

Квалификация магистр

г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 16.04.01 Техническая физика (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 699)

Программу разработал(и):

Зав. кафедрой ТОТ, д.т.н. \_\_\_\_\_Дмитриев А.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теоретические основы теплотехники, протокол №229 от 15.06.2021

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_Дмитриев А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Теоретические основы теплотехники, протокол №229 от 15.06.2021

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_Дмитриев А.В.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол № 05/21 от 21.06.2021

Зам. директора института Теплоэнергетики \_\_\_\_\_ /Власов С.М./

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики протокол № 05/21 от 21.06.2021

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ /Дмитриев А.В./

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Явления переноса в энергетике» являются: а) приобретение знаний о фундаментальных законах сохранения массы и энергии; б) приобретение знаний о механизмах переноса импульса, массы и энергии; в) приобретение знаний и навыков по численным методам расчета полей скоростей, температур и концентраций.

Задачами дисциплины являются:

- научить студентов теоретическим основам явлений переноса, физико-химическим процессам переноса, протекающим в многофазных средах,
- уметь применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
ПК-1 Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, анализировать, обобщать и применять полученные результаты	ПК-1.1 Владеет навыками критического анализа современных проблем технической физики	<i>Знать:</i> основные понятия, используемые при анализе явлений переноса теоретические основы явлений переноса <i>Уметь:</i> применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса <i>Владеть:</i> навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научно-популярных изданий, компьютерных технологий для обработки и передачи информации в различных формах
	ПК-1.2 Формулирует задачи и разрабатывает программу исследования	<i>Знать:</i> физико-химические свойства сред и свойства межфазных границ <i>Уметь:</i> решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений <i>Владеть:</i> приемами численных методов расчета полей скоростей, температур и концентраций; в том числе с помощью пакетов прикладных программ

ПК-1 Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, анализировать, обобщать и применять полученные результаты	ПК-1.3 Выбирает способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач	<p><i>Знать:</i> методы решения задач определения полей скоростей, температур и концентраций</p> <p><i>Уметь:</i> обоснованно подбирать методы для решения задач дисциплины</p> <p><i>Владеть:</i> приемами решения задачи по определению полей скоростей, температур и концентраций</p>
	ПК-1.5 Владеет современными теоретическими проблемами технической физики	<p><i>Знать:</i> основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований; особенности жидкого состояния вещества и статистическая теория жидкостей</p> <p><i>Уметь:</i> использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса</p> <p><i>Владеть:</i> классическими представлениями: серией Больмера; соотношение Ридберга о спектральных термах; комбинационного принципа Ритца, теории Бора; навыками работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения конкретных задач в области современного металловедения</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Явления переноса в энергетике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 16.04.01 Техническая физика.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
-----------------	--	---

УК-1		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
УК-2		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
УК-3		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
УК-4		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
УК-5		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
УК-6		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
ОПК-3		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
ОПК-5		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
ОПК-7		Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))
ПК-1		Отдельные главы тепломассообмена Производственная практика (преддипломная практика)
ПК-2		Отдельные главы тепломассообмена Производственная практика (преддипломная практика)

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основные фундаментальные законы термодинамики и физики, понятия и определение основных понятий в технической физике, основы математического анализа и теории дифференциальных уравнений.

**Уметь:** абстрактно мыслить, самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения.

**Владеть:** методами научного поиска и разработки новых подходов и методов к решению профессиональных задач.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 108 часов, из которых 26 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 8 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 16 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 82 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 2 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		1
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ,</b> в том числе:	26	26
Лекционные занятия (Лек)	8	8
Практические занятия (Пр)	16	16
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	82	82
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)		
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	3	3

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Итого	Формируемые результаты обучения (знания, умения, Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации						Сдача зачета / экзамена
Раздел 1. Фундаментальные законы молекулярного переноса, сохранения массы энергии и импульса														
1. Фундаментальные законы молекулярного переноса, сохранения массы энергии и импульса	1	1	2			10			13	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -31, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ	3	10
Раздел 2. Явления переноса и уравнение баланса														

2. Явления переноса и уравнение баланса	1	1	2			12				15	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ	3	10
---	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	---	---------------	----	---	----

Раздел 3. Теория подобия

3. Теория подобия	1	1	2			14				17	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ	3	10
-------------------	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	---	---------------	----	---	----

Раздел 4. Гидродинамическая структура потока

4. Гидродинамическая структура потока	1	1	2			14				17	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ	3	10
--	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	---	---------------	----	---	----

Раздел 5. Основы процессов массообмена

5. Основы процессов массообмена	1	2	4			16				22	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ	3	10
---------------------------------	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	---	---------------	----	---	----

**Раздел 6. Основные закономерности процессов массообмена**

6. Основные закономерности процессов массообмена	1	2	4			16	2			24	ПК-1.1 -31, ПК-1.1 -32, ПК-1.1 -У1, ПК-1.1 -В1, ПК-1.2 -31, ПК-1.2 -У1, ПК-1.2 -В1, ПК-1.3 -31, ПК-1.3 -У1, ПК-1.3 -В1, ПК-1.5 -У1, ПК-1.5 -В1	Л1.1, Л2.1	РЗ Рфр	3	10
	Зачет														40
<b>ИТОГО</b>		8	16			82	2			108					100

**3.3. Тематический план лекционных занятий**

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Предмет и задачи курса явления переноса в энергетике	1
2	Основное балансовое соотношение. Аналогия процессов переноса субстанции. Законы молекулярного переноса. Дифференциальные уравнения переноса субстанции в движущейся жидкости	1
3	Гидродинамическое подобие. Тепловое подобие. Массообменное (диффузионное) подобие (подобие процессов массопередачи)	1
4	Общие понятия о структуре потоков	1
5	Общие понятия. Фазовое равновесие. Механизм массообмена	2
6	Движущая сила массообмена. Основные размеры массообменных аппаратов	2
	<b>Всего</b>	<b>8</b>

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Основы массообмена	2
2	Абсорбция	2
3	Критериальные уравнения движения жидкости	2
4	Модель идеального вытеснения (МИВ). Модель идеального перемешивания (МИП). Ячеечная модель. Диффузионная модель	2
5	Материальный баланс и рабочая диаграмма массообмена	4
6	Уравнения массоотдачи и массопередачи	4
Всего		16

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	10
2	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	12
3	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	14
4	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	14
5	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	16
6	Решение задач	Решение задач по заданным темам.	16
Всего			82

#### 4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии (лекции в сочетании с практическими занятиями, семинарами и с лабораторными работами, самостоятельное изучение определённых разделов) и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: интерактивные лекции.

#### 5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
	Компетенция в полной мере не сформирована.	Сформированность компетенции соответствует	Сформированность компетенции в целом соответствует	Сформированность компетенции полностью

Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1	Знать				
		основные понятия, используемые при анализе явлений переноса	Знает основные понятия, используемые при анализе явлений переноса	Знает основные понятия, используемые при анализе явлений переноса	Плохо знает основные понятия, используемые при анализе явлений переноса	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		теоретические основы явлений переноса	Знает теоретические основы явлений переноса	Знает теоретические основы явлений переноса, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает теоретические основы явлений переноса	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
Уметь						

		применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса	Умеет применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса	Умеет применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса	При решении задач не демонстрирует умение применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса
	Владеть					
		навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научно-популярных изданий, компьютерных технологий для обработки и передачи информации в различных формах	Владеет навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научно-популярных изданий, компьютерных технологий для обработки и передачи информации в различных формах.	Владеет навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научно-популярных изданий, компьютерных технологий для обработки и передачи информации в различных формах.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	Знать					
ПК-1.2		физико-химические свойства сред и свойства межфазных границ	Знает физико-химические свойства сред и свойства межфазных границ	Знает основные физико-химические свойства сред и свойства межфазных границ	Плохо знает основные физико-химические свойства сред и свойства межфазных границ	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
	Уметь					

		решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений	Умеет решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений, допускает при этом ряд небольших ошибок	Умеет решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений	При решении задач не демонстрирует умение решать основные задачи теории и применять расчеты к конкретным технологическим процессам и объяснению природных явлений
	Владеть					
		приемами численных методов расчета полей скоростей, температур и концентраций; в том числе с помощью пакетов прикладных программ	Владеет приемами численных методов расчета полей скоростей, температур и концентраций; в том числе с помощью пакетов прикладных программ	Продемонстрированы базовые навыки владения приемами численных методов расчета полей скоростей, температур и концентраций; в том числе с помощью пакетов прикладных программ	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	Знать					
		методы решения задач определения полей скоростей, температур и концентраций	Знает методы решения задач определения полей скоростей, температур и концентраций	Знает основные методы решения задач определения полей скоростей, температур и концентраций	Плохо знает основные методы решения задач определения полей скоростей, температур и концентраций	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
	Уметь					
	ПК-1.3	обоснованно подбирать методы для решения задач дисциплины	Умеет обоснованно подбирать методы для решения задач дисциплины	Умеет обоснованно подбирать методы для решения задач дисциплины, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение подбирать методы для решения задач дисциплины	При решении задач не демонстрирует умение подбирать методы для решения задач дисциплины
	Владеть					

		приемами решения задачи по определению полей скоростей, температур и концентраций	Владеет приемами решения задачи по определению полей скоростей, температур и концентраций	Продемонстрированы базовые навыки владения приемами решения задачи по определению полей скоростей, температур и концентраций	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	ПК-1.5	Знать				
		основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований; особенности жидкого состояния вещества и статистическая теория жидкостей	Знает основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований; особенности жидкого состояния вещества и статистическая теория жидкостей	Знает основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований; особенности жидкого состояния вещества и статистическая теория жидкостей, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований; особенности жидкого состояния вещества и статистическая теория жидкостей	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		Уметь				

		<p>использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса</p>	<p>Умеет использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса</p>	<p>Умеет использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>В целом демонстрирует умение использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса</p>	<p>При решении задач не демонстрирует умение использовать методы численной оценки порядка величин, характерных для различных прикладных разделов физики; использовать основные законы физики в инженерной деятельности; использовать полученные теоретические знания в проведении научных исследований; уметь анализировать научные статьи по тематике данного курса</p>
Владеть						

		классическими представлениями: серией Больмера; соотношение Ридберга о спектральных термах; комбинационно принципа Ритца, теории Бора; навыками работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения конкретных задач в области современного металловедения	Владеет классическим и представлениями: серией Больмера; соотношением Ридберга о спектральных термах; комбинационного принципа Ритца, теории Бора; навыками работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения конкретных задач в области современного металловедения	Продемонстрированы базовыми навыками классического представления: серией Больмера; соотношением Ридберга о спектральных термах; комбинационного принципа Ритца, теории Бора; навыками работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения конкретных задач в области современного металловедения	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
--	--	--	--	--	---	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие,	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Цветков Ф. Ф., Григорьев Б. А.	Тепломассообмен	учебник	М.: Издательский дом МЭИ	2017	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html</a>	1
2	Дерюгин В. В.	Тепломассообмен	учебное пособие	Санкт-Петербург : Лань	2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/171853">https://e.lanbook.com/book/171853</a>	

## Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Мутрисков А.Я., Красноперова А. И.	Процессы переноса количества движения , энергии и массы	учебное пособие по дисциплине "Явления переноса"	Казань: КГЭУ	2012		35
2	Попкова О. С., Шарипов И. И., Соловьева О. В.	Теоретические основы теплотехники и	практикум для студентов очной формы обучения по образовательным программам направлений подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение", 16.03.01 "Техническая физика"	Казань: КГЭУ	2019	<a href="https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/231эл.pdf">https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/231эл.pdf</a>	2
3	Цой П. В.	Системные методы расчета краевых задач тепло-массопереноса. Прямые и обратные задачи нестационарной теплопроводности и термоупругих напряжений Гидродинамика и теплообмен	научное издание	М.: Издательский дом МЭИ	2005		15

		в каналах сложного профиля					
--	--	----------------------------	--	--	--	--	--

## 6.2. Информационное обеспечение

### 6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	<a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	<a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>
4	<u>Энциклопедии, словари, справочники</u>	<a href="http://www.rubricon.com">http://www.rubricon.com</a>
5	Портал "Открытое образование"	<a href="http://npoed.ru">http://npoed.ru</a>
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации	<a href="https://minenergo.gov.ru/opendata">https://minenergo.gov.ru/opendata</a>	<a href="https://minenergo.gov.ru/opendata">https://minenergo.gov.ru/opendata</a>
3	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>
4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5	Платформа SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
6	zbMATH	<a href="http://www.zbmath.org">www.zbmath.org</a>	<a href="http://www.zbmath.org">www.zbmath.org</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п		Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	
2	Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>	
3	Международная реферативная база данных	<a href="http://www.zbmath.org">http://www.zbmath.org</a>	
4	Международная реферативная база данных	<a href="http://link.springer.com">http://link.springer.com</a>	
5	Образовательный портал	<a href="http://www.uceba.com">http://www.uceba.com</a>	

### 6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	ANSYS 13	Универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа .	ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" №2011.24708 от 24.11.2011 Неискл. право. Бессрочно

2	Компас-3D V13	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №33659/KZN12 от 04.05 2012 Неискл. право. Бессрочно
3	KompasFlow v18	Модуль помогающий определить действующие на изделие силы и моменты, структуру течения внутри или вокруг изделия, оценить перепад давления, полного давления или температуры; оценить варианты исполнения конструкции и отбросить неподходящие.	ООО "Аскон-кама консалтинг" 231/20 от 3.08.2020 Неискл. право. Бессрочно
4	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
5	Scilab	"Пакет прикладных математических программ предоставляющий открытое окружение для инженерных (технических) и научных расчётов."	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (1task)	Программная система в сфере автоматизированных инженерных расчётов	"ЗАО ""КАДФЕМ Си-Ай-Эс"" №2176-ПО/2018-ПФО от 27.11.2018 Неискл. право. До 28.12.2018"
7	Компас-3D V18 Проектирование и конструирование в машиностроении	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования	"ООО ""Аскон-кама консалтинг"" 231/20 от 3.08.2020 Неискл. право. Бессрочно

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Самостоятельная работа	Кабинет СРС В-600а	моноблок (6 шт.), принтер (2 шт.), учебно-методические материалы - по количеству студентов
		Кабинет СРС В-600а	проектор, переносной экран, тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)

	Лекционное занятие	Учебная аудитория Г-218	ноутбук, проектор, теплоаккумулятор GTV-TEKNIK 500 л стационарный, геотермальный тепловой насос 5 кВт стационарный, тепловой насос воздух/вода F2040 8 кВт стационарный, комплект солнечного коллектора 1 панель (внутренняя) стационарный, комплект солнечного коллектора 1 панель (наружная) стационарный, термостат GSM-Climate ZONT-N1 стационарный, доска трехстворчатая, «Инновационный геотермальный тепловой насос F-1345», «Геотермальный тепловой насос F-1245», «Как работает геотермальный тепловой насос», «Воздушно-водяной тепловой насос NIBE F-2300», «Воздушно-водяной тепловой насос NIBE F-2040»
		Учебная аудитория Д-118	ноутбук, проектор, демонстрационный комплекс: ТТД, ТМО и «Гидравлика и гидропривод» (экран и графпроектор «Вега»)
	Практическое занятие	Учебная аудитория Д-108	доска аудиторная, автолабораторное место студента с ПЭВМ 1 мобильный (9 шт.), экран, автолабораторные комплексы для проведения 9 лабораторных работ (9 шт.), аэродинамическая труба 3 мобильных модуля, лабораторный стол 1 лабораторной работа по ТМО (2шт), ноутбук (7 шт.), барометр БАММ-1 с поверкой мобильный, блок регистрации параметров воздушной струи для аэродинамической трубы мобильный, модули для аэродинамической трубы мобильный (2 шт.), вольтметр В7- 21 мобильный, вольтметр В7-21А мобильный (мобильный), вольтметр универсальный мобильный, пылесос А-2254 Мс стационарный, лабораторный источник питания W.E.P.PS N305Д мобильный,

			<p>световая модель для определения угловых коэффициентов излучения плоскости на трубный пучок мобильный, проектор, комплект плакатов в багетных рамах (6 шт) по «Тепломассообмену»: а) прямоток; б) противоток; в) перекрестный ток; г) определение среднего температурного напора; д) поправки на токи теплоносителей; е) сложный ток. Комплекс плакатов в багетных рамках (3 шт.): а) уравнение Бернулли для элементарной струи; б) свойство жидкости, вязкость; в) схема изменения напоров по длине гидродинамической трубы. Плакат «Греческий и латинский алфавит», демонстрационный комплекс «Тепломассообмен» (графпроектор «Вега» и экран), демонстрационный комплекс «Гидравлика и гидропривод»</p>
--	--	--	---

## **8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;

- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## Лист регистрации изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_  
учебный год

В программу вносятся следующие изменения:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

*Указываются номера страниц, на которых  
внесены изменения,  
и кратко дается характеристика этих  
изменений*

Программа одобрена на заседании кафедры – разработчика «\_\_»\_\_\_\_20\_г.,  
протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_Дмитриев А.В.

Программа одобрена методическим советом института \_\_\_\_\_  
«\_\_»\_\_\_\_20\_\_\_\_г., протокол № \_\_\_\_\_

Зам. директора по УМР \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

*Приложение к рабочей программе  
дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Явления переноса в энергетике

Направление подготовки 16.04.01 Техническая физика

Направленность(и) (профиль(и)) Теплофизика

Квалификация магистр

г. Казань, 2021

Оценочные материалы по дисциплине «Явления переноса в энергетике» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ПК-1 Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, анализировать, обобщать и применять полученные результаты

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: реферат, решение задач.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 1 семестр. Форма промежуточной аттестации зачёт.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

## 1. Технологическая карта

### Семестр 1

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы			
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично
				не зачтено	зачтено		
				низкий	ниже среднего	средний	высокий
Текущий контроль успеваемости							
1	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
2	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
3	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
4	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
5	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
6	Решение задач	РЗ	ПК-1	менее 2	2 - 2	4 - 6	8 - 10
Всего баллов				0 - 54	55-69	70-84	85-100

## 2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Темы рефератов
Решение задач (РЗ)	Решение задач по вариантам	набор задач с различными начальными данными

## 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Решение задач
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Раздел 1</p> <p>1. Плоская стенка выполнена из материала с коэффициентом теплопроводности <math>\lambda = 20 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}</math>. Толщина стенки <math>\delta = 10 \text{ мм}</math>. На одной стороне стенки температура <math>t_{c1} = 100 \text{ }^\circ\text{C}</math>, на другой <math>90 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Найти плотность теплового потока через стенку и температуру в середине стенки.</p> <p>2. В теплообменнике горячий и холодный теплоносители разделены плоской латунной стенкой [<math>\delta = 2 \text{ мм}</math>, <math>\lambda = 100 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}</math>], перепад температур в которой <math>t_{c1} - t_{c2} = 5 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Вычислить плотность теплового потока через стенку. Определить толщину стальной [<math>\lambda = 45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}</math>] и медной [<math>\lambda = 370 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}</math>] стенок, чтобы при том же перепаде температур плотность теплового потока осталась неизменной.</p> <p>3. Чему равен тепловой поток через стену из красного кирпича высотой 4 м, шириной 5 м и толщиной 500 мм? На одной поверхности стены температура <math>19 \text{ }^\circ\text{C}</math>, на другой <math>2 \text{ }^\circ\text{C}</math>.</p> <p>4. Вычислить плотность теплового потока через оконное стекло толщиной <math>\delta = 3 \text{ мм}</math>, если температуры его поверхностей <math>t_{c1} = 1 \text{ }^\circ\text{C}</math> и <math>t_{c2} = -1 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Известно, что плотность, теплоемкость и коэффициент температуропроводности стекла составляют соответственно <math>\rho = 2500 \text{ кг/м}^3</math>, <math>C_p = 0,67 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}</math> и <math>a = 4,42 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}</math>.</p> <p>5. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной 200 мм составляет <math>200 \text{ Вт/м}^2</math>, а разность температур ее поверхностей <math>50 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Определить коэффициент температуропроводности стенки, если <math>\rho = 1700 \text{ кг/м}^3</math>, <math>C_p = 0,88 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}</math>.</p> <p>6. К двум торцам нагревателя цилиндрической формы <math>d = 300 \text{ мм}</math> плотно прижаты два идентичных образца материала того же диаметра толщиной <math>\delta = 5 \text{ мм}</math>. Определить коэффициент теплопроводности образцов, если при мощности нагревателя <math>Q = 56,5 \text{ Вт}</math> перепады температур по толщине образцов составили <math>12,5 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Радиальный</p>

перенос тепла в системе пренебрежимо мал (рис. 1.1).

7. Дана трехслойная плоская стенка:  $\delta_1 = 20$  мм;  $\lambda_1 = 20$  Вт/(м·К);  $t_{c1} = 10$  °С;  $\lambda_2 = 5 + 0,05t$  Вт/(м·К);  $t_{c4} = 60$  °С;  $\delta_3 = 60$  мм;  $\lambda_3 = 10$  Вт/(м·К);  $t_{ж2} = 150$  °С;  $\alpha_2 = 18$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Найти  $\delta_2$ .

8. Плоскую поверхность с  $t_c = 250$  °С решено изолировать листовым асбестом, у которого  $\lambda = 0,157 + (0,14 \cdot 10^{-3})t$  Вт/(м·К). Какой толщины должен быть слой изоляции, если допустимая температура наружной ее поверхности 50 °С, а тепловые потери не должны превышать 500 Вт/м<sup>2</sup>?

Раздел 2

9. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного кирпича [ $\lambda_{ш} = 0,93$  Вт/(м·К),  $\delta_{ш} = 120$  мм] и красного кирпича [ $\lambda_k = 0,7$  Вт/(м·К),  $\delta_k = 250$  мм], между которыми засыпка из диатомита [ $\lambda_d = 0,13$  Вт/(м·К),  $\delta_d = 60$  мм]. Какой толщины следует сделать слой засыпки, если толщину слоя из красного кирпича удвоить при условии сохранения плотности теплового потока через обмуровку и температур на внешних ее поверхностях?

10. Плотность теплового потока через плоскую кварцевую стенку [ $\lambda = 3$  Вт / (м·К),  $\delta = 10$  мм] составляет  $q = 3 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>. Со стороны одной из ее поверхностей заданы температура жидкости  $t_{ж} = 30$  °С и коэффициент теплоотдачи  $\alpha = 100$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Найти температуры на обеих поверхностях стенки.

11. Чтобы уменьшить до заданного значения тепловые потери с поверхности промышленного теплообменника, решили закупить тепловую изоляцию с  $\lambda'_{из} = 0,2$  Вт/(м·К). Оказалось, что на складе имеется изоляция, для которой  $\lambda_{из}'' = 0,1$  Вт/(м·К), но она на 50% дороже первой. Больше или меньше (и насколько) придется заплатить за вторую изоляцию?

12. Окно в аудитории имеет сдвоенные рамы с зазором между стеклами 60 мм. Вычислить тепловые потери через оконный проем 3×3 м без учета конвекции в зазоре и теплового излучения, если толщина стекол  $\delta = 4$  мм, а температуры их соответствующих поверхностей  $t_{c1} = 12$  °С и  $t_{c4} = -15$  °С.

13. Температура воздуха в аудитории  $t_{ж1} = 19,5$  °С, а внешнего воздуха  $t_{ж2} = -18$  °С. Вычислить тепловые потери из аудитории, если наружная стена ( $L = 8$  м,  $H = 4,5$  м,  $\delta = 0,5$  м, окон нет) из кирпичной кладки, а коэффициенты теплоотдачи к ее внутренней поверхности  $\alpha_1 = 5,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) и с ее внешней поверхности  $\alpha_2 = 15$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Раздел 3

14. Определить расход сухого насыщенного пара ( $p = 1,98 \cdot 10^5$  Па) в батарее парового отопления ( $F = 3$  м<sup>2</sup>) производственного помещения, если температура воздуха в нем поддерживается 20°С. Коэффициент теплоотдачи с поверхности батареи к воздуху составляет  $\alpha_{воз} = 9,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), а теплоотдача со стороны конденсирующегося пара на три порядка больше, чем  $\alpha_{воз}$ . Конденсат не переохлаждается; термическим сопротивлением стенки батареи пренебречь.

15. Плоские стальные стенки [ $\delta = 10$  мм,  $\lambda = 40$  Вт/(м·К)] сушильной камеры, внутри которой поддерживается температура 120 °С, необходимо изолировать слоем шлаковой ваты так, чтобы температура его наружной поверхности составляла 30 °С.

16. Коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности стен камеры  $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , с наружной поверхности слоя изоляции к окружающему воздуху ( $20^\circ\text{C}$ ) —  $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить толщину слоя ваты, если для нее  $\lambda_{\text{в}} = 0,06 + 0,000145t \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

17. Стенка промышленной нагревательной печи состоит из трех слоев. Первый слой — плотный шамотный кирпич толщиной  $\delta_1 = 250 \text{ мм}$ ; второй слой — легковесный шамотный кирпич толщиной  $\delta_2 = 500 \text{ мм}$ . Максимальная температура в первом слое  $t_{\text{с}1} = 800^\circ\text{C}$ . Третий слой — тепловая изоляция (шлаковая вата). На внешней поверхности третьего слоя  $t_{\text{с}4} = 50^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $t_{\text{ж}2} = 30^\circ\text{C}$ , а  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Чему равна толщина слоя шлаковой ваты  $\delta_3$ ?

18. Вычислить линейную плотность теплового потока через стенки змеевиков из труб ( $d_2 \times \delta = 42 \times 5 \text{ мм}$ ) жароупорной стали [ $\lambda = 16,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ], если температуры их внутренней и наружной поверхностей составляют  $450$  и  $580^\circ\text{C}$  соответственно. При каком значении радиуса этой трубы температура в стенке равна  $500^\circ\text{C}$ ?

#### Раздел 4

19. Длинный брус из нержавеющей стали [ $\lambda = 20 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  $a = 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ] прямоугольного сечения  $200 \times 80 \text{ мм}$  охлаждается в среде с температурой  $t_{\text{ж}} = 20^\circ\text{C}$  при  $\alpha = 70 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Начальная температура бруса  $t_0 = 500^\circ\text{C}$ . Построить график распределения температуры по обеим осям поперечного сечения бруса через 10 мин после начала охлаждения, выполнив вычисления для пяти точек с равномерным шагом от центра бруса до поверхности в каждом направлении. В какой точке сечения бруса имеет место минимальная температура и каково ее значение в рассматриваемый момент?

20. Стальная заготовка [ $\lambda = 37 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  $a = 7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ] в форме параллелепипеда  $600 \times 420 \times 360 \text{ мм}$  с начальной температурой  $t_0 = 15^\circ\text{C}$  загружена в нагревательную печь с температурой  $t_{\text{ж}} = 1500^\circ\text{C}$ . Вычислить температуры в центре бруса и в центре каждой из его граней через 1,2 ч после начала нагревания при коэффициенте теплоотдачи  $\alpha = 120 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить значения температуры в трех точках и построить соответственно их распределение по длинной оси бруса и по длинному его ребру.

21. Цилиндрическая стальная болванка ( $d = 100 \text{ мм}$ ,  $l_{\text{я}} = 146 \text{ мм}$ ) с начальной температурой  $t_0 = 800^\circ\text{C}$  охлаждается воздухом ( $t_{\text{ж}} = 20^\circ\text{C}$ ). Коэффициент теплоотдачи от поверхности составляет  $120 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Определить температуру в центре болванки и в центре торцевой ее поверхности через 10 мин после начала охлаждения, приняв для стали коэффициенты теплопроводности и температуропроводности соответственно  $25 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  и  $6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Вычислив хотя бы три значения температуры для указанного момента времени, построить график ее распределения вдоль боковой образующей цилиндра.

22. Исследуемый материал [ $\lambda = 0,75 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ] в форме цилиндра диаметром  $d = 50 \text{ мм}$  и высотой  $h = 80 \text{ мм}$  после предварительного нагрева охлаждается в водяном термостате ( $t_{\text{ж}} = 20^\circ\text{C}$ ) при значении коэффициента теплоотдачи  $\alpha = 3100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить коэффициент температуропроводности материала, если на регулярной стадии охлаждения температура, измеренная в центре торца цилиндра, за 5 мин уменьшилась от  $45^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$ . За какое время температура в той же точке изменится от  $25$  до  $21^\circ\text{C}$ ?

23. Определить диаметр стального шара [ $\rho = 7900 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $c_{\text{р}} = 460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ], нагреваемого в печи с  $t_{\text{ж}} = 500^\circ\text{C}$  при коэффициенте теплоотдачи  $\alpha = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , если при  $Fo > 0,3$  измеренная температура его поверхности за 10 мин повысилась от

300 до 425 °С.

#### Раздел 5

24. Вертикально расположенная электрошина прямоугольного сечения 100×3 мм охлаждается свободным потоком воздуха с температурой  $t_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$ . Рассчитать температуру шины на расстоянии 20 и 50 мм от нижней кромки при условии, что по шине снизу вверх пропускается электрический ток  $I = 500$  А. Удельное электрическое сопротивление материала шины  $\rho_{\text{эл}} = 1,3 \cdot 10^{-7}$  Ом·м.

25. Определить, при каком расположении плиты (горизонтальном или вертикальном) с размерами  $a \times b = 3 \times 3$  м тепловой поток на поверхности будет больше, если известно, что температура теплоотдающей поверхности плиты  $t_c = 100^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха вдали от плиты  $t_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$ . При горизонтальном расположении плиты теплоотдающая поверхность обращена вверх.

26. Определить, при каком расположении плиты (горизонтальном или вертикальном) с размерами  $a \times b = 0,4 \times 10$  м тепловой поток на поверхности будет минимальным, если известно, что температура теплоотдающей поверхности плиты  $t_c = 100^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$ . При вертикальном расположении в качестве основания плиты рассмотреть меньшую ( $a = 0,4$  м) и большую ( $b = 10$  м) стороны. При горизонтальном расположении плиты теплоотдающая поверхность обращена вверх.

27. Рассчитать средний коэффициент теплоотдачи от вертикальной поверхности высотой  $H = 2$  м, имеющей температуру  $t_c = 80^{\circ}\text{C}$ , к воде с  $t_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$  с ламинарным и турбулентным течением воды в пограничном слое у поверхности по соответствующим формулам. Сравнить полученный результат с расчетом среднего коэффициента теплоотдачи по формуле для смешанного режима течения.

28. Температура горизонтального паропровода диаметром  $d = 0,3$  м и длиной  $l = 5$  м на поверхности мало отличается от температуры парожидкостной смеси, движущейся внутри и составляет  $t_c = 110^{\circ}\text{C}$ . Рассчитать тепловую изоляцию паропровода из асбеста (толщину  $\delta_{\text{из}}$  и ее вес  $G$ ), позволяющую уменьшить тепловые потери в 5 раз по сравнению с неизолированным паропроводом. Известно, что температура окружающего воздуха в помещении равна  $t_{\infty} = 30^{\circ}\text{C}$ , и по условиям техники безопасности температура на поверхности изоляции не должна превышать  $50^{\circ}\text{C}$ .

#### Раздел 6

29. Труба наружным диаметром  $d = 20$  мм обтекается поперечным потоком горячего трансформаторного масла с температурой  $t_{\infty} = 100^{\circ}\text{C}$  и скоростью  $w_{\infty} = 1$  м/с. Плотность теплового потока на поверхности трубы поддерживается равной  $q = 7000$  Вт/м<sup>2</sup> и направлена от масла к стенке. Под каким углом к поверхности трубы следует направить поток масла, чтобы температура поверхности понизилась на  $3^{\circ}\text{C}$ ?

30. Найти соотношение между средними коэффициентами теплоотдачи для третьего ряда труб по ходу воздуха двух воздухоподогревателей, конструктивно выполненных в виде трубных пучков: а) с шахматным расположением труб; б) с коридорным расположением труб. Оба пучка обтекаются поперечным потоком воздуха с одинаковой средней температурой и скоростью в узком сечении пучка. Диаметры труб в обоих пучках одинаковы, шаги труб в пучках также одинаковы, причем  $s_1 > s_2$ .

31. Как изменится средний коэффициент теплоотдачи пятого ряда труб воздушных подогревателей, конструктивно выполненных в виде трубных пучков с шахматным

	<p>расположением труб, если диаметр трубы в пучке уменьшить в 3 раза при условии постоянства расхода газа, поперечного <math>s_1</math> и продольного <math>s_2</math> шагов труб в пучке. Принять <math>s_1 = 2d</math>.</p> <p>32. Радиатор охлаждения автомобиля выполнен в виде двухрядного коридорного пучка, скомпонованного из латунных трубок с шагами <math>s_1 = s_2 = 1,5d</math>. Диаметр трубок <math>d = 5 \times 0,25</math> мм и длина <math>l = 0,4</math> м. Количество трубок в каждом ряду равно 40. До какой температуры охлаждается рабочая жидкость (вода) в радиаторе, если известно, что скорость автомобиля <math>w = 100</math> км/ч, а температура воды на входе в радиатор <math>t_{ж1} = 100</math> °С. Скорость движения воды в трубках <math>w_{вод} = 0,1</math> м/с. Температура окружающего воздуха <math>t_{воз} = 20</math> °С.</p> <p>33. Найдите средний коэффициент теплоотдачи при поперечном обтекании дымовыми газами пакета труб экономайзера парового котла. Экономайзер собран из плоских змеевиков с шахматным расположением труб диаметром и толщиной стенки <math>32 \times 6</math> мм, причем <math>s_1/d = 2,4</math>, а <math>s_2/d = 1,8</math>, а число рядов равно 40. Скорость газов в узком сечении <math>w_{уз} = 14</math> м/с. Их температура на входе в пакет труб <math>520</math> °С, а на выходе из него <math>380</math> °С.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знание материала <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>2. Последовательность изложения <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>3. Владение речью и терминологией <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>4. Применение конкретных примеров <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</li> </ul> </li> <li>5. Уровень теоретического анализа <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</li> </ul> </li> </ol> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>Реферат</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Раздел 1. Основные понятия и соотношения. Необходимо выполнить реферат в виде глоссария по основным понятиям. Раздел 2. Свойства сплошной среды Тема практического занятия – Распределения концентраций в турбулентном потоке. Вопросы для контроля – Запишите кинетическое уравнение Больцмана и</p>

	<p><i>Навьё-Стокса</i>  <i>Опишите механизм турбулентности жидкости</i></p> <p><i>Раздел 3. Механизмы и уравнения переноса субстанций.</i>  <i>Тема практического занятия – Перенос количества движения и теплоты при естественной конвекции. Перенос теплоты в пограничном слое.</i>  <i>Вопросы для контроля – Запишите уравнения Ньютона, Фурье и Фика.</i>  <i>Перечислите условия, при которых процессы теплоотдачи и массоотдачи будут аналогичными.</i>  <i>Сформулируйте принцип Онзагера.</i></p> <p><i>Раздел 4. Законы сохранения.</i>  <i>Тема практического занятия – Точечный источник массы в однородном поле скоростей. Нестационарное испарение.</i>  <i>Вопросы для контроля – Запишите выражение для соотношения толщин диффузионного и гидродинамического пограничного слоев.</i>  <i>Запишите выражение для соотношения толщин теплового и гидродинамического пограничного слоев.</i>  <i>В каком случае толщины диффузионного, теплового и гидродинамического пограничных слоев будут одинаковыми?</i></p> <p><i>Раздел 5. Моделирование процессов переноса.</i>  <i>Тема практического занятия – Нестационарный массообмен, сопровождаемый гомогенной химической реакцией</i>  <i>Вопросы для контроля – Запишите критериальное уравнение для расчета массоотдачи в случае ламинарного пограничного слоя при вынужденном движении.</i>  <i>Запишите критериальное уравнение для расчета массоотдачи в случае турбулентного пограничного слоя при вынужденном движении.</i></p> <p><i>Раздел 6. Межфазный перенос субстанций.</i>  <i>Тема практического занятия – Массообмен в плоском канале с малорастворимой стенкой</i>  <i>Вопросы для контроля – Дайте определение понятия химического равновесия.</i>  <i>Что такое константа равновесия?</i>  <i>Запишите основные уравнения тепло- и массообмена в случае протекания химических реакций.</i>  <i>Чему равно число Льюиса – Семенова?</i>  <i>Запишите закон Ньютона – Рихмана для случая теплообмена между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.</i></p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:</p> <p><i>1. Знание материала</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 1 балл;</li> <li><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</li> </ul> <p><i>3. Владение речью и терминологией</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла;</li> <li><input type="checkbox"/> в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении</li> </ul>

	<p>понятий и в использовании терминологии – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;</p> <p>4. Применение конкретных примеров</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами – 2 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> приведение примеров вызывает затруднение – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> неумение приводить примеры при объяснении материала – 0 баллов;</p> <p>5. Уровень теоретического анализа</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 2 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов;</p> <p>6. Презентация реферата</p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать презентацию – 2 балла;</p> <p><input type="checkbox"/> сопровождение рассказа иллюстрациями – 1 балл;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение презентовать – 0 баллов.</p> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
--	--

#### 4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Зачет
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Вопросы для подготовки к зачету</p> <p>Контролируемые разделы № 1-6.</p> <p>1. Явление переноса в газах. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия. Термодиффузия.</p> <p>2. Пристеночные явления в умеренно разреженном газе. Термомолекулярная разность давлений.</p> <p>3. Кинетические явления в сильно разреженном газе.</p> <p>4. Методы исследования явлений переноса.</p> <p>5. Уравнения состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.</p> <p>6. Явление переноса и релаксации в жидкости. Вязкость, теплопроводность, диффузия и самодиффузия.</p> <p>7. Сопротивление и теплопередача в ламинарном потоке.</p> <p>8. Конвективный теплообмен.</p> <p>9. Турбулентное движение и турбулентный теплообмен.</p> <p>10. Модели турбулентности. Методы расчета турбулентных явлений в газе, жидкости и плазме.</p> <p>11. Радиационный теплообмен и радиационная газовая динамика.</p> <p>12. Метастабильные состояния. Перегрев, переохлаждение. Давление насыщенных паров над раствором.</p> <p>13. Теплопроводность и вязкость твердых тел. Уравнение теплопроводности в твердых телах, теплопроводность кристаллов. Механизмы теплопроводности в диэлектриках и металлах.</p> <p>14. Вязкость и ее проявление при поглощении звука в твердых телах</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>Например, число баллов, которое может получить обучающийся за зачет, составляет от 20 до 40.</p> <p>При выставлении баллов учитываются следующие критерии, например:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знание понятий, категорий</li> <li>2. Правильность выполнения практического(их) задания(ий)</li> <li>3. Владение методами и технологиями, запланированными в РПД</li> <li>4. Владение специальными терминами и использование их при ответе.</li> <li>5. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные</li> </ol>

*ответы*

*6. Логичность и последовательность ответа*

*7. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем*

*От 36 до 40 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.*

*От 31 до 35 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.*

*От 20 до 30 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.*