



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

КГЭУ

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

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол № 7 от 24.03.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Электроэнергетики и  
электроники

Ившин И.В.

« 28 » октября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Явления переноса в энергетике

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность(и) (профиль(и)) Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Квалификация

магистр

г. Казань, 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

Программу разработал(и):

_____	_____	_____ <u>Дмитриев А.В.</u> _____
(должность, ученая степень)	(дата, подпись)	(Фамилия И.О.)
_____	_____	_____
(должность, ученая степень)	(дата, подпись)	(Фамилия И.О.)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика «Теоретические основы теплотехники»,

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Дмитриев  
(подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры «Промышленная электроника и светотехника»,

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Голенищев-Кутузов  
(подпись)

Программа одобрена на заседании методического совета института ИЭЭ протокол № 3 от 28.10.2020

Зам. директора института ИЭЭ \_\_\_\_\_ Р.В. Ахметова  
(подпись)

Программа принята решением Ученого совета института ИЭЭ  
протокол № 4 от 28.10.2020

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ Голенищев-Кутузов А.В.  
(подпись, дата)

## 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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)		
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.2 Использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности	<p><i>Знать:</i> основные понятия, используемые при анализе явлений переноса теоретические основы явлений переноса</p> <p><i>Уметь:</i> применять общие математические методы к решению фундаментальных и прикладных физических задач переноса</p> <p><i>Владеть:</i> навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научно-популярных изданий, компьютерных технологий для</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Явления переноса в энергетике относится к обязательной части учебного плана по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ПК-1.2	-	Б1.В.01 Перспективные материалы электроники
ОПК-3.3	Б1.О.05 Математические методы моделирования и прогнозирования	-

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>	3а	3а

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

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	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. Основные понятия и соотношения.														
1. Понятие потоков и источников	1	1	2			12	1		16	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1	Л1.2, Л2.2, Л2.4	Рфр	За	10
Раздел 2. Свойства сплошной среды														
2. Свойства сред	1	1	2			12	1		16	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-В1	Л1.3, Л1.2, Л2.2, Л2.4, Л1.1	Рфр	За	10
Раздел 3. Механизмы и уравнения переноса субстанций.														
3. Уравнения переноса: перенос массы, перенос энергии, перенос импульса	1	1	2			14			17	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1	Л1.2, Л1.3, Л2.2, Л2.4	Рфр	За	10
Раздел 4. Законы сохранения														

4. Закон сохранения массы, энергии, сохранения импульса	1	2	4			12				18	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-В1, ОПК-1.2-У1	Л1.2, Л2.2, Л2.4, Л1.1	РФр	За	10
Раздел 5. Моделирование процессов переноса															
5. Математическое моделирование	1	2	4			12				18	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1, ОПК-1.2-32	Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.4	РФр	За	10
Раздел 6. Межфазный перенос субстанций															
6. Гидродинамическая и тепловая аналогия	1	1	2			20				23	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1	Л1.2, Л2.3, Л2.2, Л2.4, Л2.1	РФр	За	10
<i>Зачет</i>															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	Уравнение баланса в общем виде. Трансляционный (конвективный) перенос. Внешние силы. Внутренние силы. Дисперсные системы.	1
2	Сплошная среда, модели сплошной среды. Плотность, вязкость, поверхностное натяжение, межфазное натяжение, адгезия, смачиваемость.	1
3	Механизмы переноса: молекулярный механизм, конвективный механизм, турбулентный механизм.	1
4	Закон сохранения массы. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Условие однозначности. Поля скоростей температур, концентраций. Аналогия процессов переноса.	2
5	Физическое моделирование: теория подобия, основные этапы физического моделирования. Проблема масштабного перехода при проектировании промышленных аппаратов. Моделирование гидродинамической структуры потоков в аппаратах.	2

6	Уравнения массо-, тепло-, импульсоотдачи. Определение коэффициентов. Аналогия процессов массо-, тепло-, импульсоотдачи. Уравнения массо-, тепло-, импульсопередачи	1
Всего		8

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Вязкость и механизм переноса количества движения.	2
2	Распределения концентраций в турбулентном потоке.	2
3	Перенос количества движения и теплоты при естественной конвекции. Перенос теплоты в пограничном слое.	2
4	Точечный источник массы в однородном поле скоростей. Нестационарное испарение.	4
5	Нестационарный массообмен, сопровождаемый гомогенной химической реакцией	4
6	Массообмен в плоском канале с мало-растворимой стенкой	2
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	Вязкость и механизм переноса количества движения. Распределение скоростей в ламинарном потоке. Уравнения сохранения для изотермических систем.	Вязкость и механизм переноса количества движения. Распределение скоростей в ламинарном потоке. Уравнения сохранения для изотермических систем.	12
2	Распределения концентраций, зависящие от двух или более переменных. Распределения концентраций в турбулентном потоке. Распределения концентраций в твердых телах и ламинарных потоках.	Распределения концентраций, зависящие от двух или более переменных. Распределения концентраций в турбулентном потоке. Распределения концентраций в твердых телах и ламинарных потоках	12

3	<p>Распределения температуры, зависящие от двух или более переменных. Распределения температуры в турбулентных потоках.</p>	<p>Распределения температуры, зависящие от двух или более переменных. Распределения температуры в турбулентных потоках.</p>	14
4	<p>Диффузия и механизм переноса массы. Уравнения сохранения для многокомпонентных систем. Межфазный перенос в многокомпонентных системах. Уравнения макроскопических балансов для многокомпонентных систем.</p>	<p>Диффузия и механизм переноса массы. Уравнения сохранения для многокомпонентных систем. Межфазный перенос в многокомпонентных системах. Уравнения макроскопических балансов для многокомпонентных систем.</p>	12
5	<p>Теплопроводность и механизм переноса энергии. Распределения температуры в твердых телах и в ламинарных потоках. Уравнения сохранения для неизотермических систем. Межфазный перенос в неизотермических системах. Уравнения макроскопических балансов для неизотермических систем.</p>	<p>Теплопроводность и механизм переноса энергии. Распределения температуры в твердых телах и в ламинарных потоках. Уравнения сохранения для неизотермических систем. Межфазный перенос в неизотермических системах. Уравнения макроскопических балансов для неизотермических систем.</p>	12
6	<p>Распределения скоростей, зависящие от двух или более переменных. Распределения скоростей в турбулентных потоках. Межфазный перенос в изотермических системах. Уравнения микроскопических балансов для изотермических систем.</p>	<p>Распределения скоростей, зависящие от двух или более переменных. Распределения скоростей в турбулентных потоках. Межфазный перенос в изотермических системах. Уравнения микроскопических балансов для изотермических систем.</p>	20
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: (выбрать нужное) 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	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика	Компетенция в полной мере не	Сформированность компетенции	Сформированность компетенции в целом	Сформированность компетенции

сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	полностью 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 компетенции	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
ОПК-1	ОПК-1.2	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	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
Владеть						
		навыками самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научных 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 научных популярных изданий, компьютерных технологий для обработки и передачи информации в различных формах.	Продемонстрированы базовые навыки самостоятельного поиска научной информации о своей профессиональной деятельности с применением источников научных 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

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, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Краснов С. И.	Гидрогазодинамика	учебное пособие	Казань: КГЭУ	2010		150
2	Мутрисков А.Я., Красноперова А. И.	Процессы переноса количества движения, энергии и массы	учебное пособие по дисциплине "Явления переноса"	Казань: КГЭУ	2012		35
3	Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.	Техническая термодинамика	учебник для вузов	М.: Издательский дом МЭИ	2008		196

### 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	Лаптев А. Г., Фарахов Т. М., Дударовская О. Г.	Эффективность явлений переноса в каналах с хаотичными насадочным и слоями	монография	СПб.: Страта	2016		6

2	Попкова О. С., Шарипов И. И., Соловьева О. В.	Теоретические основы теплотехники	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 в каналах сложного профиля	научное издание	М.: Издательский дом МЭИ	2005		15
4	Цветков Ф. Ф., Керимов Р. В., Величко В. И.	Задачник по теплообмену	учебное пособие для вузов	М.: Издательский дом МЭИ	2008		219

## 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>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	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>
2	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
4	Scopus	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>
7	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>
8	Web of Science	<a href="http://apps.webofknowledge.com">apps.webofknowledge.com</a>	<a href="http://apps.webofknowledge.com">apps.webofknowledge.com</a>
9	Архив журналов РАН	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	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	Описание	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	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
3	MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
4	Scilab	"Пакет прикладных математических программ предоставляющий открытое окружение для инженерных (технических) и научных расчётов."	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	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. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<i>ноутбук, проектор, демонстрационный комплекс:ТТД, ТМО и «Гидравлика и гидропривод» (экран и графпроектор «Вега»)</i>
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивиду-альных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	<i>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, световая модель для определения угловых коэффициентов излучения плоскости на трубный пучок мобильный, проектор,</i>

			<p>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>
		Учебная аудитория	<p>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-H1 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»</p>
3	Самостоятельная работа обучающегося	Компьютерный класс с выходом в Интернет	<p>Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение</p>
		Читальный зал библиотеки	<p>Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, мультимедийный проектор, экран, программное обеспечение</p>



		Кабинет СРС	<i>моноблок (6 шт.), принтер (2 шт.), учебно-методические материалы - по количеству студентов</i>
--	--	-------------	---

## **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://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 \_\_\_\_\_ Голенищев-Кутузов А.В.

Программа одобрена методическим советом института \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

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

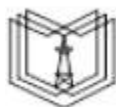
*Подпись, дата*

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 11.04.04 Электроника и микроэлектроника

Направленность(и) (профиль(и)) Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Квалификация

магистр

г. Казань, 2020

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

ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

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.

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	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК- 1.2-31, ОПК- 1.2-32, ОПК- 1.2-У1, ОПК- 1.2-В1	менее 5	5 - 7	7 - 8	8 - 10	

2	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-В1	менее 5	5 - 6	6 - 8	8 - 10
3	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1	менее 5	5 - 6	6 - 8	8 - 10
4	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-В1, ОПК-1.2-У1	менее 5	5 - 7	7 - 9	9 - 10

5	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1, ОПК-1.2-32	менее 5	5 - 7	7 - 9	9 - 10
6	Выполнение домашних заданий, подготовка к текущим аудиторным занятиям, разработка реферата	<i>Реферат</i>	ОПК-1.2-31, ОПК-1.2-32, ОПК-1.2-У1, ОПК-1.2-В1	менее 5	5 - 7	7 - 9	8 - 10
Всего баллов				Менее 30	31-40	40-50	50-60
Промежуточная аттестация							
Подготовка к зачету				Менее 24	24-29	30-34	35-40
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>				<b>0-54</b>	<b>55-69</b>	<b>70-84</b>	<b>85-100</b>

## 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
---------------	---	----------------

### 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Реферат
Представление и содержание оценочных материалов	<p><i>Примерная тематика рефератов</i></p> <p><i>Раздел 1. Основные понятия и соотношения.</i>  <i>Необходимо выполнить реферат в виде глоссария по основным понятиям.</i>  <i>Классификация процессов и аппаратов теплотехники и энергетики.</i>  <i>Гидравлические, тепловые, массообменные, гидромеханические, химические, механические процессы, их движущая сила и законы, определяющие скорости процессов.</i></p> <p><i>Раздел 2. Свойства сплошной среды</i>  <i>Распределения концентраций в турбулентном потоке.</i>  <i>Кинетическое уравнение Больцмана и Навье-Стокса</i>  <i>Механизм турбулентности жидкости</i>  <i>Характеристика (диффузионных) массообменных процессов.</i></p> <p><i>Раздел 3. Механизмы и уравнения переноса субстанций.</i>  <i>Перенос количества движения и теплоты при естественной конвекции.</i>  <i>Перенос теплоты в пограничном слое.</i>  <i>Уравнения Ньютона, Фурье и Фика.</i>  <i>Условия, при которых процессы теплоотдачи и массоотдачи будут аналогичными.</i>  <i>Принцип Онзагера.</i>  <i>Законы Рауля, Генри, Коновалова для равновесия идеальных и реальных смесей.</i>  <i>Закон массопередачи.</i></p> <p><i>Раздел 4. Законы сохранения.</i>  <i>Точечный источник массы в однородном поле скоростей.</i>  <i>Нестационарное испарение.</i>  <i>Выражение для соотношения толщин диффузионного и гидродинамического пограничного слоев.</i>  <i>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>Нестационарный массообмен, сопровождаемый гомогенной химической реакцией</i>  <i>Критериальное уравнение для расчета массоотдачи в случае ламинарного пограничного слоя при вынужденном движении.</i></p>

	<p><i>Критериальное уравнение для расчета массоотдачи в случае турбулентного пограничного слоя при вынужденном движении. Модели турбулентности. Методы расчета турбулентных явлений в газе, жидкости и плазме</i>  <i>Гидродинамические аналогии.</i></p> <p><i>Раздел 6. Межфазный перенос субстанций.</i>  <i>Массообмен в плоском канале с малорастворимой стенкой</i>  <i>Определение понятия химического равновесия.</i>  <i>Константа равновесия</i>  <i>Основные уравнения тепло- и массообмена в случае протекания химических реакций.</i>  <i>Число Льюиса – Семенова</i>  <i>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> <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>

#### 4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Зачет
Представление	Вопросы для подготовки к зачету

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

