



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

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

2 18.03.2025

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Теплоэнергетики  
Чичирова Н.Д.

«21» июня 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообмен в ядерных энергетических установках

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и  
инжиниринг

Квалификация

специалист

г. Казань, 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - специалитет по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 154)

Программу разработал(и):

Зав. кафедрой, д.т.н. \_\_\_\_\_ Дмитриев Андрей Владимирович

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 Атомные и Тепловые электрические станции, протокол № 21-20/21 от 18.06.2021

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Чичирова Н.Д.

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

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

а) ознакомление студентов с основными физическими моделями переноса теплоты и массы в неподвижных и движущихся средах, методами расчета потоков теплоты и массы, полей температуры и концентрации компонентов смесей, базирующимися на этих моделях, методами экспериментального изучения процессов тепломассообмена и определения переносных свойств;

б) обеспечение базовой и профессиональной теплотехнической подготовки, включающей усвоение принципов тепломассообмена как комплексной научной и инженерной дисциплины.

- ознакомление студентов со способами переноса теплоты (массы);

- развитие способности обучаемых к физическому и математическому моделированию процессов переноса теплоты (массы), протекающих в реальных физических объектах, в частности, в ядерных энергетических установках;

- освоение современных научно обоснованных методов расчета основных процессов тепломассообмена.

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)
Общепрофессиональные компетенции (ОПК)		
ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.1 Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	<i>Знать:</i> методы оптимизации конструкторских решений в области тепломассообмена методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, тепломассообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного тепломассообмена, радиационного теплообмена <i>Уметь:</i> применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты <i>Владеть:</i> информационно-компьютерными технологиями, применяемыми в специальной дисциплине тепломассообмен для повышения квалификации, получения профессиональной информации, компьютерного моделирования в математических пакетах и обработки данных

<p>ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>ОПК-1.13 Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем</p>	<p><i>Знать:</i> законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам</p> <p><i>Уметь:</i> рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p> <p><i>Владеть:</i> основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования</p>
--	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Теплообмен в ядерных энергетических установках относится к обязательной части учебного плана по направлению подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ОПК-1	Физика Химия Высшая математика	Атомные электрические станции
ПК-2		Производственная практика (преддипломная) Производственная практика (научно-исследовательская работа 2) Производственная практика (технологическая)
ПК-3		Производственная практика (преддипломная) Производственная практика (технологическая)
ПК-1		Производственная практика (преддипломная) Производственная практика (научно-исследовательская работа 2)

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 252 часов, из которых 96 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 56 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 40 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), самостоятельная работа обучающегося 120 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 0 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		5	6
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	252	108	144
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ,</b> в том числе:	96	40	56
Лекционные занятия (Лек)	56	24	32
Лабораторные занятия (Лаб)	16	8	8
Практические занятия (Пр)	24	8	16
Контактные часы во время аттестации (КПА)	1		1
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	120	68	52
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет, экзамен)	35		35
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	За, Эк	За	Эк

#### 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					
Раздел 1. Основные положения теории теплопроводности													

1. Основные положения теории теплопроводности	5	2	2			10				14	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	10
---	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 2. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме

2. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме	5	2				12				14	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	10
--	---	---	--	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 3. Основные положения теории конвективного теплообмена

3. Основные положения теории конвективного теплообмена	5	4	2	4	6					16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	10
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 4. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена

4. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена	5	4			12					16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	10
--	---	---	--	--	----	--	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 5. Гидродинамика и теплообмен при обтекании плоской пластины

5. Гидродинамика и теплообмен при обтекании плоской пластины	5	4	2			10				16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	20
--	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 6. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкости в каналах

6. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкости в каналах	5	4				12				16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	20
--	---	---	--	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 7. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб



7. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб	5	4	2	4	6					16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	За	20
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	----	----

Раздел 8. Теплообменные аппараты

8. Теплообменные аппараты	6	4	2		8					14	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	10
---------------------------	---	---	---	--	---	--	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	---	----

Раздел 9. Теплоотдача при свободно-конвективном движении жидкости

9. Теплоотдача при свободном конвективном движении жидкости	6	4	2		8				14	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	10
---	---	---	---	--	---	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	---	----

Раздел 10. Теплообмен при фазовых превращениях

10. Теплообмен при фазовых превращениях	6	4	2	4	6				16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	10
---	---	---	---	---	---	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	---	----

Раздел 11. Основные понятия и законы массообмена

11. Основные понятия и законы массообмена	6	4	2			10				16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	10
---	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	---	----

Раздел 12. Тепло- и массоотдача

12. Тепло- и массоотдача	6	4	2			10				16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	10
--------------------------	---	---	---	--	--	----	--	--	--	----	--	---------------------------------	----	---	----

Раздел 13. Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях

13. Массо- и теплообмен при испарении, конденсации химических реакциях	6	4	2	4	6					16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ	Э	5
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--	----	---	------------------------	----	---	---

Раздел 14. Теплообмен излучением, сложный теплообмен

14. Теплообмен излучением, сложный теплообмен	6	8	4		4					16	ОПК-1.1-31, ОПК-1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	Л1.1, Л1.3, Л1.6, Л2.1	РЗ Тест	Э	5
---	---	---	---	--	---	--	--	--	--	----	---	------------------------	------------	---	---

Экзамен								36		36					40
<b>ИТОГО</b>		56	24	16		120		36		252				За, Э	

### 3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Введение. Значение курса для инженера-теплоэнергетика. Способы теплообмена, основные понятия. Закон Фурье, температурное поле, коэффициент теплопроводности. Механизм теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения. Частные случаи уравнения энергии. Условия однозначности (краевые) условия, их назначение. Виды граничных условий.	2
2	Теплопроводность плоской одно- и многослойной стенки при стационарном тепловом режиме. Граничные условия 1-го и 3-го рода (теплопередача), термические сопротивления. Теплопроводность одно- и многослойной цилиндрической стенки при стационарном тепловом режиме. Граничные условия 1-го и 3-го рода (теплопередача), термические сопротивления. Критический диаметр изоляции цилиндрической стенки. Теплопередача через ребренную стенку. Нестационарная теплопроводность плоской пластины, температурное поле. Анализ температурного поля при малых и больших числах Био, внешняя и внутренняя задачи, промежуточные случаи. Тепловой поток, расчет его по безразмерным величинам. Регулярный и нерегулярный тепловые режимы. Закон регулярного режима; темп охлаждения (нагрева), зависимость его от теплофизических свойств тела.	2

3	<p>Теплоотдача, закон Ньютона, коэффициент теплоотдачи. Движение жидкости, силы, действующие на жидкость. Теплофизические свойства жидкостей. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена, их взаимосвязь. Условия однозначности. Основы теории пограничного слоя: сведения о структуре погранслоя, ламинарное, переходное и турбулентное течения. Механизмы переноса импульса, тепла и вещества в различных областях погранслоя. Принцип интенсификации теплообмена в турбулентном погранслое. Уравнения Прандтля для плоского ламинарного погранслоя, вывод их, определение теплового потока и трения на стенке. Динамический и тепловой погранслои. Турбулентное течение и перенос, осредненное и пульсационное движение. Уравнения движения и энергии для турбулентного течения. Механизмы переноса в турбулентном ядре и вязком подслое погранслоя.</p>	4
4	<p>Основы теории подобия и моделирования. Получение чисел подобия из дифференциальных уравнений процесса, физический смысл основных чисел подобия. Условия подобия физических процессов, теорема Кирпичева-Гухмана. Подобные, тождественные и аналогичные явления. Моделирование. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. Основы гидродинамической теории теплообмена. Связь теплоотдачи и трения. Аналогия Рейнольдса.</p>	4
5	<p>Теплоотдача при ламинарном обтекании плоской пластины. Профиль скорости, толщина погранслоя, профиль температуры. Соотношение профилей температур и скоростей, а также толщин погранслоев при числах Прандтля, равных и неравных единице. Уравнения подобия для локальной и общей теплоотдачи. Учет неизотермичности в уравнениях подобия. Теплоотдача пластины при турбулентном погранслое. Характер изменения коэффициента теплоотдачи вдоль пластины.</p>	4
6	<p>Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах. Ламинарный, переходный и турбулентный режимы - гидродинамика, изотермическое и неизотермическое течение, механизмы переноса. Теплоотдача при ламинарном режиме. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкости в каналах при переходном и турбулентном режимах. Теплоотдача в некруглых и шероховатых трубах.</p>	4
7	<p>Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном поперечном обтекании трубы и пучка труб. Общая картина гидродинамики и теплообмена при обтекании одиночной трубы и пучка труб – ламинарный, смешанный и турбулентный режимы. Коридорный и шахматный пучки, сопоставление их тепловой эффективности. Уравнения подобия для теплоотдачи, физическое содержание отдельных сомножителей. Гидродинамическая вибрация труб в пучке – причины, опасность, способы устранения.</p>	4

8	Теплообменники, их классификация, конструктивные схемы. Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов, основные уравнения. Прямоточная и противоточная схемы движения теплоносителей, их сопоставление. Средний температурный напор. Определение температур поверхностей теплообмена. Гидромеханический расчет теплообменника. Виды гидросопротивлений, их расчет. Эффективность теплообменника, способы ее оценки. Интенсификация теплообмена, различные способы. Теплоизоляция теплообменников, ее значение, схема расчета.	4
9	Теплоотдача при свободной конвекции при различных режимах течения жидкости. Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции. Неограниченный и замкнутый объем жидкости. Общий вид уравнений подобия для теплоотдачи. Расчет теплообмена методом эквивалентной теплопроводности. Свободная конвекция в энергооборудовании.	4
10	Теплообмен при фазовых превращениях. Теплоотдача при кипении в большом объеме, режимы кипения, кривая кипения. Критические тепловые нагрузки. Расчет теплообмена при пузырьковом кипении. Теплоотдача при кипении и вынужденном течении жидкости в трубах, режимы кипения. Теплоотдача при конденсации однокомпонентного пара на стенке и трубе. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара на горизонтальном пучке труб. Способы интенсификации теплообмена в конденсаторе паровой турбины. Теплообмен при конденсации перегретого пара. Теплообмен при конденсации пара, движущегося в трубе.	4
11	Массообмен. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы. Молекулярная диффузия. Концентрационная диффузия. Закон Фика. Термо- и бародиффузия	4
12	Массоотдача, математическое описание и аналогия процессов массо- и теплообмена. Дифференциальные уравнения тепломассообмена. Тройная аналогия, ее использование для расчета массопереноса.	4
13	Диффузионный погранслои его уравнение. Анализ схемы решения задач совместного тепломассопереноса. Тепломассообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тепломассообмен при испарении в парогазовую смесь. Тепло- и массообмен при химических превращениях.	4
14	Теплообмен излучением, сложный теплообмен. Основные понятия и законы. Классификация потоков излучения. Радиационный теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен между плоскими стенками, влияние экранов. Теплообмен между факелом и топкой котла. Сложный теплообмен. Теплообмен между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты, взаимные поверхности. Способы определения угловых коэффициентов. Теплообмен излучением в поглощающей и излучающей среде. Излучение и поглощение газов. Коэффициент поглощения, закон Бугера. Интенсивность излучения, уравнение переноса лучистой энергии, оптическая толщина газового слоя. Способы расчета лучистого теплообмена.	8
Всего		56

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки	2
3	Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена	2
5	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкости в каналах	2
7	Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб	2
8	Расчёт теплообменных аппаратов	2
9	Теплообмен при свободной конвекции	2
10	Теплообмен при кипении жидкости	2
11	Теплообмен при конденсации пара	2
12	Задачи массообмена: испарение в парогазовую среду	2
13	Тепло- и массоотдача. Задачи массообмена: конденсация из парогазовой среды	2
14	Теплообмен излучением	4
Всего		24

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час.
3	Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя	4
7	Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре	4
10	Исследование теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения жидкости методом регулярного режима	4
13	Определение интегрального коэффициента излучения вольфрамовой нити калориметрическим методом	4
Всего		16

### 3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Решение задач по разделу	Основные положения теории теплопроводности	10
2	Решение задач по разделу	Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме	12
3	Решение задач по разделу	Основные положения теории конвективного теплообмена	6



4	Решение задач по разделу	Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена	12
5	Решение задач по разделу	Гидродинамика и теплообмен при обтекании плоской пластины	10
6	Решение задач по разделу	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении	12
7	Решение задач по разделу	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном	6
8	Решение задач по разделу	Теплообменные аппараты	8
9	Решение задач по разделу	Теплоотдача при свободно- конвективном движении жидкости	8
10	Решение задач по разделу	Теплообмен при фазовых превращениях	6
11	Решение задач по разделу	Основные понятия и законы массообмена	10
12	Решение задач по разделу	Тепло- и массоотдача	10
13	Решение задач по разделу	Массо- и теплообмен при испарении, конденсации и химических реакциях	6
14	Решение задач по разделу	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	4
Всего			120

#### 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 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции 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-1.1	Знать				
		методы оптимизации конструкторских решений в области теплообмена	Знает методы оптимизации конструкторских решений в области теплообмена	Знает методы оптимизации конструкторских решений в области теплообмена, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методы оптимизации конструкторских решений в области теплообмена	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена	Знает методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена	Знает методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		Уметь				

		<p>применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки</p>	<p>Умеет применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки</p>	<p>Умеет применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>в целом демонстрирует умение применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>при решении задач не демонстрирует умение применять общие математические методы к решению фундаментальных, прикладных физических задач переноса и рассчитывать передаваемые тепловые потоки</p>
		<p>разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты</p>	<p>Умеет разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты</p>	<p>Умеет разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>в целом демонстрирует умение разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>при решении задач не демонстрирует умение разрабатывать компьютерные модели теплогидравлических процессов и выполнять численные эксперименты</p>
		<p>Владеть</p>				

		информационно-компьютерными технологиями, применяемыми в специальной дисциплине	Владеет информационными технологиями, применяемым в специальной дисциплине	Продемонстрированы навыки владения информационными технологиями, применяемым в специальной дисциплине	Имеется минимальный набор навыков владения информационными компьютерными технологиями, применяемым в специальной дисциплине		
		теплообмен для повышения квалификации, получения профессиональной информации, компьютерного моделирования математических пакетов и обработки данных	теплообмен для повышения квалификации, получения профессиональной информации, компьютерного моделирования математических пакетов и обработки данных	теплообмен для повышения квалификации, получения профессиональной информации, компьютерного моделирования математических пакетов и обработки данных	теплообмен для повышения квалификации, получения профессиональной информации, компьютерного моделирования математических пакетов и обработки данных	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки	
	ОПК-1.13	Знать					
		законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам	Знает законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам	Знает законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехнологическим установкам и системам, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
	Уметь						

		<p>рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p>	<p>Умеет рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p>	<p>Умеет рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>в целом демонстрирует умение рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p>	<p>при решении задач демонстрирует умение рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты</p>
	Владеть					
	<p>основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнологического оборудования</p>	<p>Владеет основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнологического оборудования</p>	<p>Продемонстрированы навыки владения основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнологического оборудования</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков владения основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнологического оборудования</p>		

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	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	Резников А. Н., Резников Л. А.	Тепловые процессы в технологических системах	учебное пособие	СПб.: Лань	2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/81569">https://e.lanbook.com/book/81569</a>	1

#### 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	Каган А. М., Лаптев А. Г., Пушнов А. С., Фарахов М. И., Лаптев А. Г.	Контактные насадки промышленных теплообменных аппаратов	монография	Казань: Отечество	2013		25

## 6.2. Информационное обеспечение

### 6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Цветков Ф. Ф., Григорьев Б. А. «Тепломассообмен» учебник	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html</a>
2	Резников А. Н., Резников Л. А. «Тепловые процессы в технологических системах» учебное пособие	<a href="https://e.lanbook.com/book/81569">https://e.lanbook.com/book/81569</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2	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>
3	zbMATH	<a href="http://zbmath.org">zbmath.org</a>	<a href="http://zbmath.org">zbmath.org</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п		Адрес	Режим доступа
1	Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №225/10 от 28.01.2010 Неискл. право. Бессрочно
2	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
3	"ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ "Читатель", АРМ "Книговыдача"	Система автоматизации библиотек, отвечающая всем международным требованиям, предъявляемым к современным библиотечным системам	ГУ здравоохранения "Республиканский медицинский библиотечно-информационный центр" №61/2008 от 17.06.2008 Неискл. право. Бессрочно
4	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно



## 6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

### ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	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.
2	Компас-3D V13	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №33659/KZN12 от 04. 05 2012 Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
4	Scilab	"Пакет прикладных математических программ предоставляющий открытое окружение для инженерных (технических) и научных расчётов."	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	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
6	Kompas Flow 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

## 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	доска аудиторная (2 шт.), акустическая система, усилитель-микшер для систем громкой связи, миникомпьютер, монитор, проектор, экран настенно-потолочный, микрофон

2	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа	<p>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 Mc стационарный, лабораторный источник питания W.E.P.PS N305Д мобильный, 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. Комплект 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>
---	----------------------	---	--

3	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	автолабораторные комплексы для проведения 8-ми лаб.работ (8 шт.), лабораторный комплекс «С-гун» для проведения 7-ми лаб.работ (1шт.), портативная лаборатория «Капелька 1,2,3» мобильная (10 шт.), ноутбук мобильные (3шт.), барометр БАММ-1 с поверкой мобильный, психрометр мобильный, проектор, комплект плакатов в малых багетных рамках (10 шт) по «Термодинамике»:а) дросселирования 1,2; б) понятие и определение термодинамики; в) свойство идеального газа; г) процессы в компрессоре 1,2.Комплекс плакатов в багетных рамках по «Механике, жидкости и газа»: а) расход; б) основные свойства гидравлического давления; в) силы действующие в жидкости. Плакат «Греческий и латинский алфавит». Демонстрационный комплекс «Термодинамика», Гидравлика и гидропривод» (графпроектор «Вега» и экран)
		Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	ноутбук, проектор, демонстрационный комплекс: ТТД, ТМО и «Гидравлика и гидропривод» (экран и графпроектор «Вега»)
4	Самостоятельная работа	Читальный зал библиотеки. Кабинет СРС	проектор, переносной экран, тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)

## 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.

## **9. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе

образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- формирование эстетической картины мира;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

*Физическое воспитание:*

- формирование ответственного отношения к своему здоровью, потребности в здоровом образе жизни;
- формирование культуры безопасности жизнедеятельности;
- формирование системы мотивации к активному и здоровому образу жизни, занятиям спортом, культуры здорового питания и трезвости.

*Профессионально-трудовое воспитание:*

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;
- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

*Экологическое воспитание:*

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу;

## Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1	3.1	16.04.2024	Структуру дисциплины читать в новой редакции (см. ниже)	Н.Д. Чичирова	С.О. Гапоненко
2					
3					

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)	
			5	6
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		117	47	70
АУДИТОРНАЯ РАБОТА		96	40	56
Лекции		56	24	32
Практические (семинарские) занятия		24	8	16
Лабораторные работы		16	8	8
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ		120	68	52
Проработка учебного материала		12	7	5
Курсовой проект				
Курсовая работа				
Подготовка к промежуточной аттестации		36		36
Промежуточная аттестация:			3	Э

### Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1		10.03.2025	Данная РПД актуальна для всей специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» (все специализации)	Н.Д. Чичирова	С.О. Гапоненко



*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**

Тепломассообмен в ядерных энергетических установках

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и  
инжиниринг

Квалификация специалист

г. Казань, 2021

Оценочные материалы по дисциплине «Тепломассообмен в ядерных энергетических установках» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

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: решение задач, тест.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 5 семестр. Форма промежуточной аттестации зачёт, 6 семестр. Форма промежуточной аттестации экзамен.

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

## 1. Технологическая карта

Семестр 5, 6

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
<b>Текущий контроль успеваемости</b>							
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Решение задач по разделу	РЗ	ОПК- 1.1-31, ОПК- 1.1-32, ОПК-1.1-У1, ОПК-1.1-У2, ОПК-1.1-В1, ОПК-1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК-1.13-В1	менее 19	20-33	34-53	54-100
Всего баллов				0-19	20-33	34-53	54-100

8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Решение задач по разделу	РЗ Тест	ОПК- 1.1-31, ОПК- 1.1-32, ОПК- 1.1-У1, ОПК- 1.1-У2, ОПК- 1.1-В1, ОПК- 1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК- 1.13-В1	менее 19	20-33	34-53	54-60
	Экзамен	Э	ОПК- 1.1-31, ОПК- 1.1-32, ОПК- 1.1-У1, ОПК- 1.1-У2, ОПК- 1.1-В1, ОПК- 1.13-31, ОПК-1.13-У1, ОПК- 1.13-В1				40
Всего баллов				менее 19	20-33	34-53	54-100

## 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
Решение задач (РЗ)	решение задач по вариантам	набор задач с различными начальными данными
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Экзамен	Экзамен проводится по теоретическому материалу 6-го семестра	Комплект билетов

## 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	<i>Решение задач</i>
Представление и содержание оценочных материалов	<p style="text-align: center;"><i>Примеры задач:</i></p> <p style="text-align: center;">Задача 1</p> <p>Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали (<math>\lambda = 40 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}</math>); б) из бетона (<math>\lambda = 1,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}</math>); в) из диатомитового кирпича (<math>\lambda = 0,11 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}</math>). Во всех трех случаях толщина стенки <math>\delta = 50 \text{ мм}</math>. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются</p>

	<p>постоянными и равными <math>t_{c1} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}</math> и <math>t_{c2} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p style="text-align: center;">Задача 2</p> <p>Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной <math>\delta = 50\text{ мм}</math> составляет <math>q = 70\text{ Вт/м}^2</math>. Определить разность температур на поверхностях Лейки и градиент температуры в стенке, если она выполнена: а) из латуни (<math>\lambda = 70\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>); б) из красного кирпича (<math>\lambda = 0,7\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>); в) из пробки (<math>\lambda = 0,07\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>).</p> <p style="text-align: center;">Задача 3</p> <p>Вычислить потери тепла через единицу поверхности кирпичной обмуровки парового котла в зоне разметения водяного экономайзера и температуры на поверхностях стенки, если толщина стенки <math>\delta = 250\text{ мм}</math>, температура газов <math>t_{ж1} = 700^{\circ}\text{C}</math> и температура воздуха в котельной <math>t_{ж2} = 30^{\circ}\text{C}</math>. Коэффициент теплоотдачи от газов к поверхности стенки <math>\alpha_1 = 23\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math> и от стенки к воздуху <math>\alpha_2 = 12\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>. Коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 0,7\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>.</p> <p style="text-align: center;">Задача 4</p> <p>Вычислить допустимую силу тока для медного провода (<math>d = 2\text{ мм}</math>), покрытого резиновой изоляцией толщиной <math>\delta = 1\text{ мм}</math>, при условии, что максимальная температура изоляции не должна быть выше <math>60^{\circ}\text{C}</math>, а на внешней поверхности изоляции <math>40^{\circ}\text{C}</math>. Коэффициент теплопроводности резины <math>\lambda = 0,15\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}</math>. Электрическое сопротивление медного провода <math>R = 0,005\text{ Ом/м}</math>.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ. Отсутствие ошибочных выводов – 10 баллов.</li> <li><input type="checkbox"/> Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа – 7 баллов.</li> <li><input type="checkbox"/> Дает неполный ответ (в общих чертах). Нет выводов по выполненной работе – 4 балла.</li> <li><input type="checkbox"/> Нет ответа. Трудности при выполнении – 0 баллов.</li> </ul> <p><b>Количество баллов: максимум – 10</b></p>
<p><b>Наименование оценочного средства</b></p>	<p><i>Тест</i></p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p><b>Примеры тестовых заданий</b></p> <p><b>1. Задание</b></p> <p>Отметьте правильный ответ</p> <p>В условиях однозначности взаимодействие тела с окружающей средой на его границах характеризуют</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> геометрические условия</li> </ul>

- начальные условия
- граничные условия
- физические условия

### 2. Задание

Отметьте правильный ответ

В случае теплоизолированной поверхности тела имеют место граничные условия

- I рода
- II рода
- III рода

### 3. Задание

Физические граничные условия в задачах теплопроводности являются

- граничными условиями I рода если заданы значения температур
  - граничными условиями II рода если задана плотность теплового потока через границу
  - граничными условиями III рода если задана интенсивность теплоотдачи
- если задана теплопроводность

### 4. Задание

Математическая запись граничных условий в задачах теплопроводности

I рода  $t = f(s)$

II рода  $\frac{\partial t}{\partial n} = f(s)$

III рода  $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)_w = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_w - t_f)$

IV рода  $\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right) = \int_0^s t(s) ds$

### 5. Задание

Отметьте правильный ответ

Понятие субстанциональной производной используется в уравнениях

- для твердого тела
- для покоящейся жидкости
- для движущейся жидкости
- для вакуума

### 6. Задание

Отметьте правильный ответ

Единицей измерения мощности  $q_v$  внутренних распределенных источников теплоты является

- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$       $\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}}$       $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$       $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$       $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

### 7. Задание

Отметьте правильный ответ

Уравнение стационарной теплопроводности в твердом теле имеет вид

- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$       $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$       $\nabla^2 t = 0$

### 8. Задание

Отметьте правильный ответ

Уравнение стационарной теплопроводности для двумерных задач

- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right)$       $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$       $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$

Критерии оценки и

При оценке выполненного задания учитываются следующие критерии:

шкала оценивания в баллах	<p><i>оценка по результатам тестирования складывается исходя из суммарного результата ответов на блок вопросов. Общий максимальный балл по результатам тестирования – 8 баллов. Соответственно каждый правильный ответ в блоке из 8 вопросов оценивается в 1 балл. Ответ неверный – 0 баллов.</i></p> <p><b>Количество баллов: максимум – 8</b></p>
---------------------------	---

#### 4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p><i>Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят из экзаменационных билетов с заданиями теоретического характера.</i></p> <p><i>Всего 20 экзаменационных билетов, содержащих по два вопроса.</i></p> <p><i>Примеры экзаменационных билетов:</i></p> <p><i>Билет 1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Теплоотдача при обтекании пучка труб.</i></li> <li><i>2. Методы расчета теплообменных аппаратов I группы. Метод «эффективности и числа единиц переноса» (<math>E - N</math>).</i></li> </ol> <p><i>Билет 2</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Определение температуры поверхности теплообмена для плоской стенки.</i></li> <li><i>2. Массообмен и диффузия.</i></li> </ol>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p><i>При выставлении баллов за ответы на вопросы в билете учитываются следующие критерии:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Правильность ответа</i></li> <li><i>2. Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины</i></li> <li><i>3. Владение специальными терминами и использование их при от-вете.</i></li> <li><i>4. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргумен-тированные ответы</i></li> <li><i>5. Логичность и последовательность ответа</i></li> <li><i>6. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщен-ных вариантов решения проблем</i></li> </ol> <p><i>От 16 до 20 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</i></p>

*монологической речью, логичность и последовательность ответа.*

*От 11 до 15 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 6 до 10 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.*

***Максимальное количество баллов за выполнение практических заданий – 20***

***Максимальное количество баллов за экзамен - 40***