



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор института Теплоэнергетики

*Наименование института*

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко

« 30 » мая \_\_\_\_\_ 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.20.07 Тепломассообменное оборудование предприятий

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация

Бакалавр

*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ПТЭ	Доц.к.т.н.доц	Гапоненко С.О.
ПТЭ	Ст.препод.	Политова Т.О.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ПТЭ	16.05.23	8	_____ Зав. кафедрой, д.т.н., профессор Ю.В. Ваньков
Согласована	ЭМС	22.05.23	12	_____ Зав. кафедрой, д.т.н., доц Мингалеева Г.Р.
Согласована	Учебно-методический совет института теплоэнергетики	30.05. 23	9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института теплоэнергетики	30.05. 23	9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

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

*(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)*

Целью освоения дисциплины являются формирование знаний о тепломассообменном оборудовании промышленных предприятий, изучение конструкции и особенностей работы тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, проектирования и эксплуатации. Освоение дисциплины направлено на приобретение знаний об основных видах, областях применения, принципах действия, конструкции, выборе режимов эксплуатации промышленного тепломассообменного оборудования; приобретение навыков работы с основной нормативной документацией, использования типовых методик и стандартных средств автоматизации для производства расчетов, связанных с проектированием и выбором тепломассообменного оборудования.

Задачи дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с основными видами и конструкциями тепломассообменного оборудования предприятий и физическими процессами, которые в них протекают;
- познакомить обучающихся с основными технологическими процессами и установками, в которых используется тепломассообменное оборудование предприятий;
- научить проводить тепловые конструктивные и гидравлические расчеты тепломассообменного оборудования предприятий;
- научить принимать, обосновывать и защищать конкретные решения при выборе и конструировании тепломассообменного оборудования.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и тепломассообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Введение в инженерную деятельность, Физика, Математика, Теоретические основы теплотехники.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Парогазовые установки, Производственная практика (технологическая), Производственная практика (преддипломная), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			6		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	85	85		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,89	68	68		
Лекции	0,94	34	34		
Практические (семинарские) занятия	0,22	18	18		
Лабораторные работы	0,44	16	16		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,11	76	76		
Проработка учебного материала	1,11	40	40		
Курсовая работа	1	36	36		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			КР		

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

Для очной формы обучения

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1 Основные виды промышленных теплообменны х аппаратов	16	8	4	4		ТК1	ОПК-4.2.3, ОПК- 4.2.У, ОПК-4.2.В
Раздел 2 Выпарные установки	22	10	4	4		ТК2	ОПК-4.2.3, ОПК- 4.2.У, ОПК-4.2.В
Раздел 3 Перегонные и ректификационные установки	28	10	4	4		ТК3	ОПК-4.2.3, ОПК- 4.2.У, ОПК-4.2.В
Раздел 4 Теплообменное оборудование смешивающего типа	42	6	4	6		ТК4	ОПК-4.2.3, ОПК- 4.2.У, ОПК-4.2.В

Курсовая работа	36				36	ОМкр	ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В
Экзамен	36				36	ОМ	ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В
<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>76</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1 Основные виды промышленных теплообменных аппаратов

Введение в дисциплину. Понятия, определения и классификация промышленного оборудования. Основные виды и классификация теплообменных и теплообменных аппаратов. Промышленные теплоносители, их свойства, область применения. Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия. Их конструкции. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников. Гидравлический, прочностной и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Газожидкостные, жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Их конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации. Типы насадок.

Раздел 2 Основы проектирования теплообменных аппаратов

Основы конструктивного расчета теплообменных аппаратов. Газожидкостные, жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Их конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации.

Раздел 3 Выпарные установки

Свойства растворов. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания. Испарительные, опреснительные установки. Принцип действия, основные конструкции аппаратов, тепловые схемы. Выпарные установки: принцип действия, основные конструкции аппаратов, тепловые схемы. Основы теплового расчета однокорпусной выпарной установки. Основы теплового расчета многокорпусной выпарной установки. Физико-химические и термодинамические основы процесса кристаллизации. Кристаллизационные установки: принцип действия, основные конструкции аппаратов, основы теплового расчета.

Раздел 4 Перегонные и ректификационные установки

Общие сведения о перегонке и ректификации. Физико-химические и термодинамические основы равновесия фаз жидкость-пар, фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей. Основы кинетики процессов массообмена. Устройство перегонных и ректификационных аппаратов. Ректификационные установки; конструкции и принцип действия аппаратов. Конструкции контактных устройств и ректификационных колонн. Материальный и тепловой расчет ректификационных установок.

### 3.4. Тематический план практических занятий

Теплопередача в теплообменных аппаратах.

Расчет теплообменных аппаратов поверхностного типа.

Расчет теплообменных аппаратов поверхностного типа.  
 Последовательность проектирования ректификационной колонны.  
 Расчет процесса сушки.  
 Расчет процесса термической деаэрации.  
 Расчет процесса абсорбции.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Расчет теплообменных аппаратов поверхностного типа. Расчет теплообменных аппаратов поверхностного типа.

Расчет выпарной установки.  
 Расчет ректификационной установки.  
 Расчет пневматической сушилки.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Расчет процесса ректификации.

## 4. Оценивание результатов обучения

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

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ОПК-4	ОПК-4.2	<p>знать:</p> <p>принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы</p>	<p>Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Не допускает ошибок.</p>	<p>Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. При ответе может допустить</p>	<p>Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Допускает множество мелких</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>

			несколько негрубых ошибок.	ошибок.	
		уметь:			
	рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Не допускает ошибок.	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает задачи с минимальным и ошибками.	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает типовые задачи, допускает много мелких ошибок.	Не сформировано умение рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Допускает при решении типовых задач грубые ошибки.
		владеть:			
	методиками расчета и систем ПРЭ и их элементов	Продemonстрированы навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Отсутствуют ошибки и недочеты.	Продemonстрированы базовые навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущен ряд мелких ошибок.	Продemonстрированы минимальные навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущено много ошибок.	Не продemonстрированы навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущены грубые ошибки.

Оценочные материалы для проведения текущего контроля 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 разработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Теплотехника : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 208 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/143117>. - ISBN 978-5-8114-5553-9. - Текст : электронный.
2. Теплотехника : учебник для вузов / В.Л.Ерофеев, П.Д.Семенов, А.С.Пряхин. - М. : Академкнига, 2008. - 488 с. : ил. - ISBN 978-5-94628-331-1. - Текст : непосредственный.
3. Техническая термодинамика и теплопередача : курс лекций / В. Д. Карминский. - М. : Маршрут, 2005. - 224 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-89035-202-4. - Текст : непосредственный.
4. Сахин, В. В. Теплообмен при фазовых превращениях теплоносителей (теплопередача) : учебное пособие / В. В. Сахин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 123 с. — ISBN 978-5-906920-95-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122089>.
5. Теплообменные аппараты ТЭС : учебное пособие / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. - 4-е изд., доп. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - 269 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011935.html>. - ISBN 978-5-383-01193-5. - Текст : электронный.
6. Видин, Ю. В. Техническая термодинамика и тепломассообмен : учебное пособие / Ю. В. Видин, В. С. Злобин. — Красноярск : СФУ, 2020. — 332 с. — ISBN 978-5-7638-4212-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181569>.

#### 5.1.2.Дополнительная литература

1. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / Ю. Г. Назмеев, И. А. Конахина. - М. : МЭИ, 2002. - 407 с. : ил. - ISBN 5-7046-0910-4. - Текст : непосредственный.
2. Контактные теплообменники в теплоэнергетике : учебное пособие по дисциплине "Тепломассообменное оборудование предприятий" / И. А. Конахина. - 2-е изд., испр. - Казань : КГЭУ, 2012. - 168 с. - Текст : непосредственный.
3. Расчет теплообменных аппаратов : учебное пособие по дисциплине "Тепломассообменное оборудование предприятий" / А. М. Конахин, И. А. Конахина. - 2-е изд., испр. и доп. - Казань : КГЭУ, 2012. - 96 с. - Текст : непосредственный.
4. Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей : учебное пособие по курсам "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы. Тепломассообменное оборудование предприятий" / А. Г. Лаптев, А. М. Конахин, Н. Г. Минеев. - Казань : КГЭУ, 2007. - 425 с. - ISBN

9785949810804. - Текст : непосредственный.

5. Сушильные установки : учебное пособие по дисциплине "Тепломассообменное оборудование предприятий" / А. М.Конахин, И. А.Конахина, Э. А.Ахметов. - Казань : КГЭУ, 2009. - 120 с. - Текст : непосредственный.

6. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок : справочное издание / Ю. М. Бродов [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Бродова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 480 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011119.html>. - ISBN 978-5-383-01111-9. - Текст : электронный.

7. Теплообменники на тепловых трубах : учебное пособие по курсу "Теплообменное оборудование предприятий" / И.А. Конахина, А.Г. Зайцев. - Казань : КГЭУ, 2007. - 132 с. - Текст : непосредственный.

8. Теплофикация и тепловые сети : учебник / Е. Я. Соколов. - 9-е изд., стер. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 472 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011669.html>. - ISBN 978-5-383-01166-9. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Тепломассообменное оборудование предприятий	<a href="https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=716">https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=716</a>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

#### Профессиональные базы данных

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

#### Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>
2	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

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

№ п/п	Наименование ПО	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	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
3	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

### 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	Специализированное лабораторное оборудование:
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры,

		программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. 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.

## **8. 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 эстетической картины мира;

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

- 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.

## 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	3.3	16.04	<p style="text-align: center;">Раздел 2 Основы проектирования теплообменных аппаратов</p> <p style="text-align: center;">Основы конструктивного расчета теплообменных аппаратов. Газожидкостные, жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Их конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации.</p>		
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.О.20.07 Тепломассообменное оборудование предприятий**  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

---

г. Казань, 2023



**2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации**  
**Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:**

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ОПК-4	ОПК-4.2	знать:				
		принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы			принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы	
		уметь:				
		рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность			рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность	
		владеть:				
		методиками расчета и систем ПРЭ и их элементов			методиками расчета и систем ПРЭ и их элементов	

Оценка «отлично» выставляется за выполнение *проектных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание основ проектной*

деятельности и их применения при выполнении индивидуальных проектов, полные и содержательные ответы на вопросы (теоретическое и практическое задание);

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение проектных работ в семестре; тестовых заданий; понимание основ проектной деятельности и их применения при выполнении индивидуальных проектов, ответы на вопросы (теоретическое и практическое задание);

Оценка «удовлетворительно» выставляется за выполнение проектных работ и тестовых заданий в семестре;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ и тестовых заданий в семестре.

### 3. 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	Описание оценочного средства
Курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы проектов
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих

## этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

### Пример задания

#### Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и теплообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем).

#### Пример практического задания:

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый теплообменник для охлаждения кубового остатка ректификационной колонны в количестве  $G_1 = 6,0$  кг/с от начальной температуры  $t_1' = 102,5$  °С до конечной  $t_1'' = 30$  °С.

Кубовый остаток – коррозионноактивная органическая жидкость, которая

при средней температуре  $t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{102,5 + 30}{2} \approx 66$  °С имеет следующие физико-химические характеристики: плотность  $\rho_1 = 986$  кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность  $\lambda_1 = 0,662$  Вт/(м·К); теплоемкость  $c_1 = 4190$  Дж/(кг·К); динамическая вязкость  $\mu_1 = 0,00054$  Па·с; Охлаждение осуществляется водой в режиме  $t_2' = 20$  °С и  $t_2'' = 40$  °С.

#### Примеры тестовых заданий:

1. Теплообменником называется аппарат ...
  - предназначенный для получения пара или горячей воды повышенного давления за счет теплоты, выделяемой при сжигании топлива;
  - служащий для привода электрических генераторов современных ТЭС;

обеспечивающий передачу теплоты между двумя или большим числом потоков теплоносителей;

предназначенный для перекачки воды с низких отметок на высокие и транспортировки воды в удаленные пункты.

2. По принципу устройства, смесительные теплообменники подразделяют на:

- барботажные
- роторные
- полочные
- пластинчатые
- насадочные
- полые
- пленочные

3. Теплообменник типа «труба в трубе» имеет преимущества по сравнению с кожухотрубчатыми .....

- небольшая удельная металлоемкость
- высокий коэффициент теплопередачи
- низкое гидравлическое сопротивление
- меньше загрязняется поверхность нагрева
- небольшие габариты

Задание к лабораторной работе: произвести поверочный расчет и подбор стандартного водо-водяного кожухотрубчатого теплообменника.

Исходные данные: массовый расход нагреваемой воды -  $G_2$ ; температура нагреваемой воды на входе  $t'_2$  и на выходе  $t''_2$ ; температура греющей воды на входе  $t'_1$  и на выходе  $t''_1$ ; поверхность нагрева выполнена из латунных трубок диаметром  $d_n \times \delta_{ст}$ .

Отчет должен включать в себя: номер работы и ее название; цель лабораторной работы; исходные данные; расчет своего варианта задания, ответы на контрольные вопросы; выводы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные этапы теплового расчета теплообменных аппаратов.
2. Как определяется коэффициент теплопередачи в зависимости от типа поверхности теплообмена.
3. Как определяется коэффициент теплоотдачи для сред, не меняющих агрегатное состояние.
4. Как определяется коэффициент теплоотдачи при конденсации паров.
5. Перечислите основные этапы гидравлического расчета теплообменных аппаратов.

Пример практического задания:

1. Спроектировать (рассчитать) однокорпусную выпарную установку для концентрирования  $G_n = 18\ 000$  кг/ч (5 кг/с) водного раствора нитрата аммония от начальной массовой концентрации  $b_n = 10\ %$  до конечной  $b_k = 60\ %$  при следующих условиях: 1) обогрев осуществляется насыщенным водяным паром давлением  $p_{г.п} = 0,157$  МПа; температура насыщения пара  $t_n = 112,7$  °С; 2) абсолютное давление в паровом пространстве выпарного аппарата  $p_{б.к} = 0,0196$  МПа; 3) температура раствора, поступающего на установку,  $t_0 = 20$  °С; 4) температура раствора, поступающего в выпарной аппарат  $t_n = 60$  °С; 5) начальная температура охлаждающей воды  $t = 12$  °С; 6) температура смеси охлаждающей воды и конденсата, выходящей из барометрического конденсатора, ниже температуры конденсации на  $\Delta t = 5$  °С; 7) выпарной аппарат - с выносной нагревательной камерой.

Примеры тестовых заданий:

1. Пар, образующийся при кипении раствора, называется .....

## 2. Температурной депрессией называют...

- разность между температурой кипения раствора и температурой кипения растворителя;
- разность между температурами исходного и упаренного растворов;
- разность температур греющего агента на входе и выходе выпарного аппарата.

Задание к лабораторной работе: выполнить расчет однокорпусной выпарной установки: при установившемся процессе в аппарат непрерывного действия поступает количество  $G_n$ , кг/с, начального раствора с удельной теплоемкостью  $c_k$  и температурой  $t_k$ , равной его температуре кипения. Для обогрева аппарата подводится  $D$ , кг/с, водяного пара с температурой насыщения  $t_n$  и энтальпией  $h_n$ , такое же количество конденсата отводится из нагревательной камеры аппарата. В результате повышения концентрации раствора от  $b_n$ , кг/кг, до  $b_k$ , кг/кг, образуется количество  $W$ , кг/с, вторичного пара с энтальпией  $h$ .

Отчет должен включать в себя: номер работы и ее название; цель лабораторной работы; исходные данные; расчет своего варианта задания, ответы на контрольные вопросы; выводы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные этапы составления материальных и тепловых балансов однокорпусных и многокорпусных выпарных установок, определения расхода греющего пара и выпаренной воды.

2. Как определить располагаемую и полезную разности температур для теплового расчета выпарной установки?

3. Назовите исходные данные для расчета расхода первичного пара и площади поверхности нагрева аппарата в выпарной установке.

4. Какие три вида температурных депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение?

5. Как определяется температура кипения раствора в выпарных аппаратах однокорпусной и многокорпусной выпарных установок?

Пример практического задания:

1. Построить диаграммы  $t - x - y$  и  $y - x$  для смеси бензол – толуол при абсолютном давлении  $P = 760$  мм рт.ст. Температуры кипения бензола ( $80,2$  °С) и толуола ( $110,4$  °С).

Примеры тестовых заданий:

1. Устройство, предназначенное для конденсации паров и подачи орошения (флегмы) в ректификационную колонну называется...

2. При проведении процессов перегонки и ректификации наибольшее давление паров при данной температуре и наименьшую температуру кипения при одинаковом для всех компонентов давлении имеет:

- низкокипящий компонент;
- высококипящий компонент;
- кубовый остаток.

Задание к лабораторной работе: рассчитать материальный баланс ректификационной

колонны для разделения бинарной смеси бензол-толуол, рабочее флегмовое число, скорость движения пара, высоту и диаметр колонны, если производительность по исходной смеси  $F$ , кг/ч. Содержание легколетучего компонента в исходной смеси -  $x_F$ , %, в дистилляте -  $x_P$ , %, в кубовом остатке -  $x_W$ , %. Давление паров в пространстве дефлегматора  $p$ , МПа.

Отчет должен включать в себя: номер работы и ее название; цель лабораторной работы; исходные данные; расчет своего варианта задания, ответы на контрольные вопросы; выводы.

Контрольные вопросы:

1. Схема и работа ректификационной установки.
2. Определение минимального и действительного флегмового числа.
3. Графическое определение теоретических тарелок.
4. Основы теплового расчета ректификационной установки.

5. Основы гидравлического расчета ректификационной колонны с различными тарелками.