



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

УТВЕРЖДАЮ

Директор

института теплоэнергетики

_____ С.О. Гапоненко

«27» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. 09 Методы интенсификации теплообмена

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

16.03.01 Техническая физика

(Код и наименование направления подготовки)

Направленность(и)
(профиль(и))

Теплофизика

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2024

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
Автоматизация технологических процессов и производств	доцент, д.т.н., доцент	Шинкевич Татьяна Олеговна

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Автоматизация технологических процессов и производств	19.02.2024	11	_____ Зав. каф. АТПП, д.т.н., доцент Дмитриев А.В.
Согласована	Автоматизация технологических процессов и производств	19.02.2024	11	_____ Зав. каф. АТПП, д.т.н., доцент Дмитриев А.В.
Согласована	Учебно-методический совет института Теплоэнергетики	27.02.2024	5	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института	27.02.2024	6	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Методы интенсификации теплообмена» является изучение физических основ механизма действия и конструкции различных промышленно перспективных интенсификаторов теплоотдачи, методов теплогидравлического расчета и оптимизации интенсифицированных каналов теплообменного оборудования, необходимых при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок теплотехнического оборудования.

Задачами дисциплины являются:

- овладеть основными методами интенсификации теплоэнергетических установок;
- изучить основные конструкции перспективных интенсификаторов теплообмена;
- научиться методам теплогидравлического расчета и оптимизации интенсифицированных каналов и теплоэнергетических установок.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 Способность выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем и устройств физической электроники различного функционального назначения	ПК-3.1 Применяет физико-математический аппарат, необходимый для осуществления профессиональной деятельности
	ПК-3.2 Обладает первичными навыками применения экспериментальных и теоретических методов исследований и компьютерного моделирования для решения профессиональных задач
	ПК-3.3 Использует современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Физика, Химия, Высшая математика.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. учебная, производственная и преддипломная практики.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			7		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	216		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	140	140		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,3	82	82		
Лекции	0,9	34	34		
Практические (семинарские) занятия	1,4	48	48		
Лабораторные работы	-	-	-		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	5,7	206	206		
Проработка учебного материала	2,7	98	98		
Курсовой проект	2	72	72		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			КП		

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

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	56	10		16	30		ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 3,У,В
Раздел 2	62	12		16	34		ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 3,У,В
Раздел 3	62	12		16	34		ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 3,У,В
Курсовой проект					72	ОМкп	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 3,У,В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 3,У,В
Итого за 7 семестр	216	34		48	206		
ИТОГО	216	34		48	206		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Способы интенсификации тепло- и массообмена при различных режимах течения теплоносителей.

Тема 1.1. Эффективные поверхности конвективного теплообмена, теплообмена при кипении жидкостей, при конденсации и лучистом теплообмене.

Тема 1.2. Анализ развитых поверхностей теплообмена.

Тема 1.3. Интенсификация конвективной теплоотдачи воздействием на поток теплоносителя.

Раздел 2. Интенсификации теплообмена у поверхностей и в каналах различной формы.

Тема 2.1. Модели и методы расчета теплоотдачи и трения в интенсифицированных каналах.

Тема 2.2. Эффективность ребра. Виды теплообмена между оребренными поверхностями и окружающей средой. Коэффициенты теплоотдачи при вынужденной конвекции в случае внешнего обтекания труб.

Тема 2.3. Поверхности с искусственной шероховатостью. Трубы с переменным по длине сечением. Интенсификация теплоотдачи при пульсациях давления. Некоторые другие способы интенсификации теплоотдачи при течении теплоносителя в каналах. Методы сравнительной оценки различных теплообменных поверхностей.

Раздел 3. Современные виды теплообменных аппаратов с интенсификацией теплообмена

Тема 3.1. Основные вопросы теплового и гидродинамического расчета теплообменников. Трубчатые теплообменники с развитой поверхностью.

Тема 3.2. Пластинчатые теплообменники

Тема 3.3. Методы сравнительной оценки различных теплообменных поверхностей.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Выбор метода интенсификации теплообмена
2. Интенсификация теплообмена в трубах
3. Интенсификация теплообмена в продольно обтекаемых пучках труб и кольцевых каналах
4. Интенсификация теплообмена в плоских и треугольных каналах
5. Интенсификация теплообмена при кипении
6. Интенсификация теплообмена при конденсации
7. Интенсификация теплообмена при солеотложениях на поверхностях труб
8. Теплообменники с высокой теплоэнергетической эффективностью
9. Оребренные поверхности нагрева паровых котлов. Методы расчета и выбора интенсифицированных конвективных поверхностей нагрева паровых котлов
10. Эффективность использования различных конструкций теплообменников и различных типов интенсифицированных конвективных поверхностей нагрева паровых котлов

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Примерная тематика курсового проекта: «Расчет теплообменников с развитыми поверхностями теплообмена, сравнение их эффективности и массогабаритных характеристик» Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта: трубы и их расположение в трубчатых теплообменниках; расчет кожухотрубчатых теплообменников с гладкими трубами и с трубами, оребренными радиальными низкими ребрами; расчет воздушного охладителя, выбор геометрии трубы и определение конструктивных параметров воздушного охладителя; поверочный и тепловой расчет воздушного охладителя; гидравлический расчет теплообменного аппарата с развитыми по поверхностям теплообмена. Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку. Задание выдается по вариантам.

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
ПК-3	ПК-3.1	<p>знать:</p> <p>основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также</p>	<p>основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообм</p>	<p>основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообм</p>	<p>плохо знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопро</p>	<p>уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.</p>

		законы массопереноса	ена и теплопередачи жидкосте й и газов, а также законы массопереноса без ошибок	ена и теплопередачи жидкосте й и газов, а также законы массопереноса, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	водности, теплообмена и теплопередачи жидкосте й и газов, а также законы массопереноса без ошибок	
уметь:						
		рассчитывать теплопроводность, теплоотдачу и теплопередачу при внешнем обтекании тел, течении в каналах (трубах), проточных частях теплообменников; проводить тепловой расчет теплообменных аппаратов	гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, не допускает ошибок	рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает при этом ряд небольших ошибок	в целом демонстрирует умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов. Задания выполнены не в полном	при решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопро

					объеме.	водов , допускае т грубые ошибки
		владеть:				
	методиками проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов	продемонстрированы навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, допущен ряд мелких ошибок		имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
		знать:				
ПК -3.2	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации и теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением.	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные	плохо знает основные законы преобразования энергии и тепломассообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи;		уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

			методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением без ошибок	методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением	
уметь:						
		применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрическо	Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов	Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов	В целом демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и	при решении задач демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических

		<p>й и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли.</p>	<p>проводит ь термодинамический анализ процессов ; определяют теплопроводность при стационарных условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит ь термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяе</p>	<p>проводит ь термодинамический анализ процессов ; определяют теплопроводность при стационарных условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит ь термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройств</p>	<p>газов проводит ь термодинамический анализ процессов ; определяют теплопроводность при стационарных условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит ь термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройств</p>	<p>свойств веществ и газов проводит ь термодинамический анализ процессов ; допускает грубые ошибки</p>
--	--	--	--	--	--	--

			мых в отрасли без ошибок	мых в отрасли, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	применяемых в отрасли. Задания выполнены не в полном объеме.	
		владеть;				
		владеть основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования	продемонстрированы навыки расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
		знать:				
	ПК-3.3	современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	Знает современные средства измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные	Знает базовые современные средства измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие	Плохо знает современные средства измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

			рные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько негрубых ошибок	компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики	
		Уметь:				
		Пользоваться современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерным и технологиями для решения конкретных задач технической физики	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	в целом демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики. Задания выполнены не в полном	Не демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической

					объеме.	
		Владеть:				
		современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики	Владеет современными средствами измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки применения современных средств измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для использования современных средств измерения и обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, 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. Общая энергетика: учебное пособие / В.В. Шапошников, Е.В. Кочарян, Н.Г. Андрейко [и др.]. — Краснодар: КубГТУ, 2020. — 287 с. — ISBN 978-5-8333 0955-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167042>

2. Чичиндаев, А.В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Теоретические основы: учебное пособие / А.В. Чичиндаев. — Новосибирск: НГТУ, 2017. — 436 с. — ISBN 978-5-7782-3320-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118062>.

3. Моисеев, Б. В. Промышленная теплоэнергетика: учебник / Б. В. Моисеев, Ю. Д. Земенков, С. Ю. Торопов. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 236 с. — ISBN 978-5-9961-0860-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/55434>

4. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - 275 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012468.html>. - ISBN 978-5-383-01246-8. - Текст : электронный.

5. Лаптев А. Г. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов: учебно-справочное пособие / А. Г. Лаптев, Н. А. Николаев , М. М. Башаров. - Москва : Теплотехник, 2011. - 288 с. - ISBN 978-5-98457-104-3. - Текст : непосредственный.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Теоретические основы теплотехники : практикум / сост.: О. С. Попкова, И. И. Шарипов, О. В. Соловьева. - Казань : КГЭУ, 2019. - 120 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный. 2. Теплотехника : учебник для вузов / под ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 712 с. : ил. - ISBN 5-7038-2439-7. - Текст : непосредственный.

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. Круглов, Г. А. Теплотехника / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-507-45269-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263066>.

4. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учебник / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - 562 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>. - ISBN 978-5-383-01172-0. - Текст : электронный.

5. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 книгах / под общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - Кн. 4 : Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. - 2017. - 632 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011713.html>. - ISBN 978-5-383-01171-3. - Текст: электронный.

6. Теплообменные аппараты ТЭС : в 2 кн. / под общ ред.: Ю. Г. Назмеева, В. Н. Шлянникова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - Кн. 1 / А. З. Даминов [и др.]. - 2017. - 490 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011409.html>. - ISBN 978-5-383-01140-9. - Текст: электронный.

7. Кириллов П. Л. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев, В. П. Бобков ; под ред. П. Л. Кириллова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. - 360 с. - ISBN 5-283-03829-7. - Текст : непосредственный.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

<https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2592>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

2. Справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>

4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnayabiblioteka-grebennikon-0>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;
2. Google Chrome; Mozilla Firefox ESR;
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
4. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	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. 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					
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 «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В. 09 Методы интенсификации теплообмена
(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

г. Казань, 2024

Оценочные материалы по дисциплине «Методы интенсификации теплообмена», предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

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

1. Технологическая карта

Семестр 7

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Курсовой проект	ОМкп							60-100	60-100
Промежуточная аттестация (КП)	ОМкп								0-45
Задание промежуточной аттестации									0-30
Оформление работы									0-15

Оценка «отлично» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание процессов, протекающих в теплообменниках, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание процессов, протекающих в теплообменниках, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

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

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

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий

		дисциплине	от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
		отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно		
ПК-3	ПК-3.1	знать:					
		основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.	
		уметь:					
		рассчитывать теплопроводность, теплоотдачу и теплопередачу при внешнем обтекании тел, течении в каналах (трубах), проточных частях теплообменников; проводить тепловой расчет	гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазо	рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных	в целом демонстрирует умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и	при решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение рассчитывать гидродинамические параметры потока	

	теплообменных аппаратов	динамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, не допускает ошибок	в частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает при этом ряд небольших ошибок	течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов. Задания выполнены не в полном объеме.	жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает грубые ошибки
	владеть:				
	методиками проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов	продемонстрированы навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	знать:				
ПК -3.2	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена; качественные	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена;	основные законы преобразования энергии и тепломассообмена;	плохо знает основные законы преобразования энергии и	уровень знаний ниже минимального требования,

		<p>характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации и теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением.</p>	<p>качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением без ошибок</p>	<p>качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>тепломассообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением</p>	<p>допускает грубые ошибки</p>
<p>уметь:</p>						
		<p>применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и</p>	<p>Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения</p>	<p>Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения</p>	<p>В целом демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения</p>	<p>при решении задач не демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена</p>

		<p>таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли.</p>	<p>технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных</p>	<p>технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных</p>	<p>ия технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных</p>	<p>для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; допускает грубые ошибки</p>
--	--	---	--	--	---	---

			условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, без ошибок	условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	х условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли. Задания выполнены не в полном объеме.	
		владеть;				
		владеть основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования	продемонстрированы навыки расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, допущен ряд мелких	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

				ошибок		
	ПК-3.3	знать:				
		современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	Знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Знает базовые современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		Уметь:				
		Пользоваться современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные	в целом демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а	Не демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а

		технической физики	системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики. Задания выполнены не в полном объеме.	также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической
		Владеть:				
		современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики	Владеет современными средствами измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики без	Продемонстрированы базовые навыки применения современных средств измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач	имеется минимальный набор навыков для использования современных средств измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

			ошибок и недочетов	технической физики, допущен ряд мелких ошибок	конкретных задач технической физики, много ошибок	
--	--	--	--------------------	---	---	--

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
Курсовой проект (КП), 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

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Проверяемая компетенция: ПК-3.1. ПК-3.2. ПК-3.3

Примеры дополнительных задач для самостоятельного решения

Задача 1. По стальной трубе, внутренний диаметр и внешний диаметр которой соответственно d_1 и d_2 , а коэффициент теплопроводности $\lambda = 40 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ течёт газ со средней температурой $T_{ж1}$ коэффициент теплоотдачи от газа к стенке α_1 . Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой $T_{ж2}$, коэффициент теплоотдачи от стенки к воде α_2 . Определить линейный коэффициент теплопередачи от газа к воде и линейную плотность теплового потока. Найти температуры на внутренней и внешней поверхности трубы; результаты представить графически.

Задача 2. В котле вода нагревается за счёт сжигания угля, толщина стенки котла δ , температура дымовых газов $T_{ж1}$, температура воды $T_{ж2}$. Коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке α_1 , от стенки к воде α_2 , а коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. В процессе эксплуатации

поверхность нагрева со стороны дымовых газов покрылась слоем сажи толщиной $\delta_c = 1$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_c = 0,093$ Вт/(м·К), и со стороны воды слоем накипи толщиной $\delta_n = 2$ мм и коэффициентом теплопроводности $\lambda_n = 0,93$ Вт/(м·К). Определить температуры T_{c1} и T_{c2} на поверхностях стенки чистого котла и плотность теплового потока. Определить плотность теплового потока с учётом отложений на стенках котла и определить уменьшение тепловой нагрузки в процентах. Найти температуры на поверхностях соответствующих слоёв T_{c1} , T_{c2} , T_{c3} , T_{c4} ; результаты представить графически.

Задача 3. В водо–водяном ядерном реакторе стержневой тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) выполнен из двуокиси урана с тонкостенной оболочкой из нержавеющей стали. Длина активной части ТВЭЛА $l = 3$ м, диаметр d , мощность внутренних источников тепла $q_v = 3 \cdot 10^8$ Вт/м³. Выделившаяся теплота отводится к жидкости с температурой T_j . Коэффициент теплопроводности материала стержня $\lambda = 3$ Вт/(м·К), коэффициент теплоотдачи от стенки к жидкости $\alpha = 25000$ Вт/(м²·К). Определить температуру стенки T_c ТВЭЛа, температуру топлива на оси стержня T_0 , тепловой поток Q и объем топлива в стержне.

Задача 4. Стальной вал диаметром d , начальной температурой $T_0 = 20$ °С, который можно условно считать сплошным цилиндром бесконечной длины, обогревается снаружи паром температурой $T_j = 270$ °С в течение времени τ , коэффициент теплоотдачи от пара к поверхности вала $\alpha = 100$ Вт/(м²·К); коэффициент теплопроводности материала вала $\lambda = 50$ Вт/(м·К); коэффициент температуропроводности $a = 1,25 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Определить температуру на поверхности вала и температуру на оси вала.

Задача 5. Воздух нагревается при помощи горизонтально расположенной трубы длиной $l = 1,5$ м, диаметром d . Температура стенки трубы T_c , температура воздуха вдали от трубы T_j . Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воздуху определить при средней температуре воздуха в пограничном слое. Определить тепловой поток и линейную плотность теплового потока.

Задача 6. В большом объеме испарителя происходит пузырьковое кипение воды при температуре насыщения пара T_n , при этом плотность теплового потока составляет q . Общая площадь поверхности теплообмена испарителя $F = 5$ м². Определить коэффициент теплоотдачи по эмпирической размерной формуле Михеева, температуру на поверхности теплообмена и тепловой поток.

Задача 7. Сухой насыщенный водяной пар давлением p конденсируется на горизонтальной трубе длиной 2 м и наружным диаметром d , температура поверхности трубы на ΔT ниже температуры насыщения пара. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи по формуле Нуссельта, тепловой поток и количество сконденсировавшегося пара за час на поверхности трубы.

Задача 8. Определить величину коэффициента теплоотдачи от поверхности кипятильника и величину теплового потока при пузырьковом режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности кипятильника t_c . Диаметр кипятильника d , длина l .

Задача 9. Определить толщину однотонной стенки δ . Известно, что $t_{w1}=10^{\circ}\text{C}$, $t_{w2}=18^{\circ}\text{C}$, $Q=260$ Вт, ширина и высота 150 и 280мм соответственно, $C_m=420$ Дж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$), $\rho=720$ кг/м³, $a=5,1\cdot 10^{-7}$ м²/с.

Задача 10. Найти тепловой поток, который проходит через стенку (коэффициент теплопроводности принять равным 160 Вт/(м $\cdot^{\circ}\text{C}$)), толщиной 7 мм. Площадь поверхности стенки $F = 1,2$ м². Температура внутренней поверхности стенки равна 70 $^{\circ}\text{C}$, внешней 49 $^{\circ}\text{C}$. Учесть, что тепло проходит через стенку в течение 1,5 часов.

Вопросы для самоконтроля

1. Физические основы аналогии процессов переноса теплоты и импульса.
2. Определение тепловой мощности и затраченной мощности в процессе теплопередачи.
3. Инженерная модель турбулентного переноса теплоты и импульса.
4. Понятие «интенсифицированная поверхность теплопередачи».
5. Методы интенсификации процессов переноса теплоты и импульса.
6. Физические методы воздействия на основное термическое сопротивление теплопередачи.
7. Формирование структуры потока теплоносителя на входных участках каналов круглого и некруглого поперечного сечения.
8. Организация течений во входных (начальных) участках каналах как метод интенсификации теплопередачи.
9. Понятие энергетическая эффективность.
10. Снижение гидродинамического сопротивления в каналах с интенсификацией как метод повышения энергетической эффективности теплопередающих систем.
11. Особенности течения и теплообмена в каналах с отрывом и присоединением потока теплоносителя.
12. Локальные гидродинамические характеристики при поперечном обтекании теплопередающих каналов.
13. Локальная теплоотдача на поверхности поперечноомываемого канала.
14. Традиционные компоновки пучков труб «коридорные» и «шахматные». Характер обтекания и особенности теплогидродинамических процессов.
15. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление при течениях теплоносителя в межтрубных каналах трубных пучков (Нормативный метод).
16. Нетрадиционные компоновки пучков труб, особенности течения и теплообмена в пучках «конфузорно-диффузорного» типа.
17. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «извилистого» типа.
18. Локальное распределение поверхностного трения при омывании труб в пучках «диффузорного» типа.
19. Локальное статическое давление на поверхности труб в пучках «конфузорного» типа.

20. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «конфузорного» типа.
21. Локальное трение на поверхности труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
22. Локальная теплоотдача труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
23. Гидродинамическое сопротивление пучков труб «конфузорно-диффузорного» типа в сравнении с сопротивлением традиционных пучков.

Для промежуточной аттестации:

1. Выбор рационального метода интенсификации теплообмена в прямых каналах и при продольном обтекании пучков труб.
2. Закономерность изменения теплоотдачи на стенках каналов с дискретной турбулизацией потока.
3. Интенсификация теплообмена в области перехода к турбулентному течению.
4. Теоретические методы расчета интенсификации теплообмена при турбулентном течении.
5. Влияние чисел Рейнольдса и Прандтля на теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубах с искусственными турбулизаторами.
6. Влияние формы профиля турбулизатора на теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубах с искусственными турбулизаторами.
7. Влияние температурного фактора в условиях искусственной турбулизации потока.
8. Гидравлическое сопротивление и теплообмен в продольно обтекаемых пучках гладких труб.
9. Гидравлическое сопротивление и теплообмен в кольцевых каналах.
10. Интенсификация теплообмена в продольно омываемых пучках труб с помощью поперечных кольцевых канавок.
11. Интенсификация теплообмена в кольцевых каналах с канавками на внутренней трубе.
12. Интенсификация теплообмена в кольцевых каналах с помощью поперечного оребрения.
13. Интенсификация теплообмена в продольно омываемых пучках труб с помощью поперечных ребер.
14. Интенсификация теплообмена в кольцевых каналах при односторонних комбинированных турбулизаторах типа «выступ-канавка».
15. Гидравлическое сопротивление и теплообмен в плоских каналах с гладкими стенками.
16. Интенсификация теплообмена в плоских каналах с помощью поперечного оребрения.
17. Интенсификация теплообмена в каналах треугольного поперечного сечения.
18. Методы интенсификации теплообмена при кипении.

19. Теплообмен в дисперсном режиме пленочного кипения в окрестности отрывных зон.
20. Интенсификация теплообмена в дисперсном режиме пленочного кипения.
21. Интенсификация теплообмена в стержневом режиме пленочного кипения.
22. Интенсификация теплообмена при поверхностном кипении воды в трубах.
23. Интенсификация теплообмена при кипении жидкости на поверхности труб.
24. Методы интенсификации теплообмена при конденсации.
25. Интенсификация теплообмена при конденсации водяного пара на горизонтальных трубах с кольцевыми канавками.
26. Интенсификация теплообмена при конденсации пара на наружной поверхности вертикальных труб с кольцевыми канавками.
27. Интенсификация теплообмена в трубах при частичной конденсации.
28. Интенсификация теплообмена при конденсации смесей паров на вертикальных поверхностях.
29. Основные способы борьбы с солеотложениями в теплообменных аппаратах.
30. Модель процесса солеотложения при обтекании охлаждающей водой труб с кольцевыми турбулизаторами.
31. Особенности солеотложений и теплопередачи на наружной и внутренней поверхностях труб с кольцевыми турбулизаторами.
32. Теплообменники с высокой теплоэнергетической эффективностью.
33. Экспериментальные исследования интенсифицированного конвективного теплообмена в каналах с различной формой поверхности нагрева.
34. Современные пластинчатые теплообменные аппараты.
35. Кожухотрубчатые, спиральные и пластинчато-ребристые теплообменники.
36. Оребренные поверхности нагрева паровых котлов.
37. Методы расчета и выбора теплообменных аппаратов с высокой теплоэнергетической эффективностью.
38. Методы расчета и выбора интенсифицированных конвективных поверхностей нагрева паровых котлов.
39. Эффективность использования различных конструкций теплообменников и различных типов интенсифицированных конвективных поверхностей нагрева паровых котлов.
40. Опыт применения теплообменных аппаратов и конвективных поверхностей нагрева с высокой теплоэнергетической эффективностью.
41. Техничко-экономические расчеты и оптимизация поверхностей нагрева из оребренных труб и теплообменных аппаратов с интенсификацией теплоотдачи.