

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Интенсификация тепломассообменных процессов Б1.В.ДВ.1

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Машины и аппараты пищевых производств

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Галиакбаров А.Т.

Рецензент(ы): Талипова И.П.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Исрафилов И. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, к.н. (доцент) Галиакбаров А.Т. (Кафедра физики НИ, Отделение информационных технологий и энергетических систем), azatgaliakbarov@yandex.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
ОПК-4	способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК-20	способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК-23	способностью подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
ПК-24	способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений
ПК-26	готовностью применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

применении современных методов проектирования, расчета, математического, физического и компьютерного моделирования

Должен уметь:

разрабатывать модели физических процессов в объектах сферы профессиональной деятельности

Должен владеть:

Знаниями разделов науки и техники, содержащие совокупность средств, приемов, способов и методов человеческой деятельности, направленной на создание конкурентоспособной продукции машиностроения и основанной на применении современных методов и средств проектирования, расчета, математического, физического и компьютерного моделирования

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике по разработке эскизных, технических и рабочих проектов сложных изделий с использованием средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных проектов

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.02 "Технологические машины и оборудование (Машины и аппараты пищевых производств)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 44 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 64 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Выбор и обоснование методов интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах.	1	2	4	4	15
2.	Тема 2. Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении Конструктивные способы интенсификации	1	2	4	4	15
3.	Тема 3. Определение коэффициентов теплоотдачи Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб	1	2	4	4	15
4.	Тема 4. Дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости Математические модели противоточных аппаратов	1	2	6	6	19
	Итого		8	18	18	64

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Выбор и обоснование методов интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах.

Выбор и обоснование методов интенсификации теплообмена. Различные методы интенсификации теплообмена в каналах. Условия, определяющие выбор метода. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Основные методы интенсификации. Сравнительная эффективность методов. Разработка эффективных методов интенсификации теплообмена, соответствующих конструкций теплообменных поверхностей и технологии их изготовления. Разработка методик расчета теплообмена и гидравлического сопротивления для выбранных методов интенсификации.

2. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью

Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении тепло-носителя. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена. Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена. Сферические углубления на поверхности теплообмена.

Тема 2. Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении Конструктивные способы интенсификации

Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении тепло-носителя. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена. Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена. Сферические углубления на поверхности теплообмена.

Конструктивные способы интенсификации. Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузор - диффузор. Развитые (оребранные) поверхности теплообмена. Интенсификация теплообмена при пленочном течении. Модели турбулентного пограничного слоя. Методы моделирования. Процессы переноса импульса и тепла в пограничном слое. Гидродинамическая аналогия. Модель Прандтля (двухслойная модель турбулентного по-граничного слоя). Модель диффузионного пограничного слоя Ландау - Левича. Модель Кармана. Развитие моделей турбулентности. Консервативные свойства пограничного слоя

Тема 3. Определение коэффициентов теплоотдачи Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб

Определение коэффициентов теплоотдачи. Теплоотдача от гладкой пластины. Расчет теплоотдачи для трубы. Теплоотдача с учетом входного участка. Расчет теплоотдачи для шероховатой пластины. Расчет теплоотдачи в каналах с элементами интенсификации.

Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб. Особенности поперечного обтекания пучков труб. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании шахматных пучков труб. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании коридорных пучков труб. О форме обобщения экспериментальных данных на основе гидродинамической аналогии на примере попе-речного обтекания шахматного пучка труб.

Тема 4. Дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости Математические модели противоточных аппаратов

Дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости. Модель гидродинамических характеристик пленочного течения. Некоторые гидродинамические закономерности восходящего двухфазного потока в шероховатой трубке. Влияние шероховатости стенки на толщину пленки жидкости при гравитационном стекании. Коэффициенты массоотдачи в жидкой фазе. Закрученные (вихревые) дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости. Дисперсно-кольцевые потоки в каналах с шероховатыми стенками. Массоотдача в газовой фазе.

Математические модели противоточных аппаратов. Теоретические основы моделирования. Математическая модель тепломассопереноса в колонне с провальными тарелками. Математическая модель насадочной массообменной колонны. Расчетные формулы гидравлических и тепломассообменных характеристик контактных устройств. Гидравлическое сопротивление каналов с элемента-ми интенсификации. Гидравлическое сопротивление барботажных тарелок. Перепад давления зернистого слоя. Пленочные аппараты. Формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи. Расчет массообменных процессов

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 1			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Лабораторные работы	ПК-26, ПК-24, ПК-23, ПК-20, ОПК-4, ОПК-1	1. Выбор и обоснование методов интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах.
2	Письменная работа	ПК-26, ПК-24, ПК-23, ПК-20, ОПК-4, ОПК-1	2. Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении. Конструктивные способы интенсификации
3	Письменная работа	ПК-26, ПК-24, ПК-23, ПК-20, ОПК-4, ОПК-1	3. Определение коэффициентов теплоотдачи. Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб
4	Письменная работа	ПК-26, ПК-24, ПК-23, ПК-20, ОПК-4, ОПК-1	4. Дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости. Математические модели противоточных аппаратов
	Экзамен	ОПК-1, ОПК-4, ПК-20, ПК-23, ПК-24, ПК-26	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 1					
Текущий контроль					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
					3
					4

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 1

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Тема 1

Установка для исследования интенсификации теплообмена при течении газа в трубах.

Цикл исследований по интенсификации теплообмена потребовал разработки методов проведения экспериментов, создания комплекса стендов и экспериментальных установок, разработки систем измерения. В задачи эксперимента входили: определение зависимостей подбоя для расчета коэффициентов теплоотдачи, гидравлического сопротивления, эффективных коэффициентов диффузии и др., решение проблемы замыкания систем уравнений, которые описывают теплообменные процессы в каналах с искусственной турбулизацией потока, обоснование разработанных моделей течения, методов расчета и описывающих их систем уравнений. Для решения этих задач в ряде случаев потребовалось разработать новые и усовершенствовать известные методы экспериментального исследования теплообменных процессов, а созданный комплекс стендов и установок оснастить автоматизированными системами управления, измерения, сбора и обработки опытных данных, отвечающими требованиям быстродействия и малой инерционности.

2. Письменная работа

Тема 2

Темы:

1. Конструктивные способы интенсификации.
2. Интенсификация закруткой потока теплоносителя.
3. Теплообмен в каналах типа конфузур ? диффузор.
4. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
5. Интенсификация теплообмена при пленочном течении. Модели турбулентного пограничного слоя.
6. Методы моделирования. Процессы переноса импульса и тепла в пограничном слое.
7. Гидродинамическая аналогия. Модель Прандтля.
8. Модель диффузионного пограничного слоя Ландау ? Левича.
9. Развитие моделей турбулентности. Консервативные свойства пограничного слоя
10. Интенсификация в плоских каналах

3. Письменная работа

Тема 3

Темы:

1. Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб.
2. Особенности поперечного обтекания пучков труб.
3. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании шахматных пучков труб.
4. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании коридорных пучков труб.
5. Обобщение экспериментальных данных на основе гидродинамической аналогии на примере поперечного обтекания шахматного пучка труб.
6. Влияние геометрических параметров на теплоотдачу
7. Уменьшение толщины пограничного слоя при обтекании
8. Турбулизация потока в межтрубном пространстве
9. Влияние скорости потока при обтекании различных пучков
10. Сравнение различных способов интенсификации

4. Письменная работа

Тема 4

Темы::

1. Математические модели противоточных аппаратов.
2. Теоретические основы моделирования.
3. Математическая модель тепломассообмена в колонне с провальными тарелками.
4. Математическая модель насадочной массообменной колонны.
5. Расчетные формулы гидравлических и тепломассообменных характеристик контактных устройств.
6. Гидравлическое сопротивление каналов с элементами интенсификации.
7. Гидравлическое сопротивление барботажных тарелок. Перепад давления зернистого слоя.
8. Пленочные аппараты. Формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи.
9. Расчет массообменных процессов
10. Температурные напоры и их расчет по длине теплообменника

Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Выбор и обоснование методов интенсификации теплообмена. Различные методы интенсификации теплообмена в каналах. Условия, определяющие выбор метода.
2. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
3. Основные методы интенсификации. Сравнительная эффективность методов. Разработка эффективных методов интенсификации теплообмена, соответствующих конструкций теплообменных поверхностей и технологии их изготовления.
4. Разработка методик расчета теплообмена и гидравлического сопротивления для выбранных методов интенсификации.
5. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью
6. Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении теплоносителя. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена. Каналы со сплошной шероховатостью стенки.
7. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена. Сферические углубления на поверхности теплообмена.
8. Конструктивные способы интенсификации. Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузур ? диффузур. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
9. Интенсификация теплообмена при пленочном течении. Модели турбулентного пограничного слоя.
10. Методы моделирования. Процессы переноса импульса и тепла в пограничном слое.
11. Гидродинамическая аналогия. Модель Прандтля (двухслойная модель турбулентного пограничного слоя).
12. Модель диффузионного пограничного слоя Ландау ? Левича. Модель Кармана. Развитие моделей турбулентности. Консервативные свойства пограничного слоя
13. Определение коэффициентов теплоотдачи. Теплоотдача от гладкой пластины. Расчет теплоотдачи для трубы. Теплоотдача с учетом входного участка. Расчет теплоотдачи для шероховатой пластины. Расчет теплоотдачи в каналах с элементами интенсификации.
14. Моделирование и расчет теплоотдачи от шахматных и коридорных пучков труб. Особенности поперечного обтекания пучков труб. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании шахматных пучков труб.
15. Расчет теплоотдачи при турбулентном обтекании коридорных пучков труб. О форме обобщения экспериментальных данных на основе гидродинамической аналогии на примере поперечного обтекания шахматного пучка труб.
16. Дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости. Модель гидродинамических характеристик пленочного течения. Некоторые гидродинамические закономерности восходящего двухфазного потока в шероховатой трубке. Влияние шероховатости стенки на толщину пленки жидкости при гравитационном стекании.

17. Коэффициенты массоотдачи в жидкой фазе. Закрученные (вихревые) дисперсно-кольцевые потоки газа и жидкости. Дисперсно-кольцевые потоки в каналах с шероховатыми стенками. Массоотдача в газовой фазе.
18. Математические модели противоточных аппаратов. Теоретические основы моделирования. Математическая модель теплообмена в колонне с провальными тарелками. Математическая модель насадочной массообменной колонны.
19. Расчетные формулы гидравлических и теплообменных характеристик контактных устройств. Гидравлическое сопротивление каналов с элементами интенсификации. Гидравлическое сопротивление барботажных тарелок. Перепад давления зернистого слоя.
20. Пленочные аппараты. Формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи. Расчет массообменных процессов

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 1			
Текущий контроль			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	10
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	10
		3	10
		4	20
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы: Учебное пособие / Брушлинский К.В. - Долгопрудный:Интеллект, 2017. - 272 с. ISBN 978-5-91559-224-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858951>
2. Макаров, А.Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Макаров. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2014. ? 384 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50681>. ? Загл. с экрана.
3. Математическая теория устойчивости плоскопараллельных течений и развитие турбулентности: Учебное пособие / Веденеев В.В. - Долгопрудный:Интеллект, 2016. - 152 с. ISBN 978-5-91559-218-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858957>

7.2. Дополнительная литература:

1. Компьютерное моделирование многофазных течений при решении задач техносферной безопасности : учеб. пособие / Е.Ю. Шарай ; под ред. В.А. Девисилова. ? М. : ИНФРА-М, 2019. ? 128 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; URL: <http://www.znaniium.com>]. ? (Высшее образование: Магистратура). ? www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5be57469569c36.89546772. - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/972303>
2. Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках: Научное / Волков К.Н., Дерюгин Ю.Н., Емельянов В.Н. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 416 с.: ISBN 978-5-9221-1609-1 - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/854323>
3. Численное решение стационарных задач конвекции-диффузии / Л. А. Крукиер [и др.] ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017.-134 с. - ISBN 978-5-9275-2615-4. - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/1021647>
4. Инженерные методы расчета задач нелинейного теплообмена при ламинарном течении жидкости в каналах/ВидинЮ.В., ЗлобинВ.С., ИвановВ.В. и др. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 156 с.: ISBN 978-5-7638-3156-6 - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/product/550413>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Набережночелнинского института КФУ. Библиотека. Электронные ресурсы - <http://kpfu.ru/chelny/study/library/ebs>
Сетевые ресурсы КФУ - <http://kpfu.ru/library/setevye-resursy>
ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала преподаваемым преподавателем. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В конце семестра у студента должен быть конспект лекций на все пройденные темы.
практические занятия	Во время практических занятий будут решены задачи по теме пройденных лекций. Во время пары практических занятий минимум один студент на одно занятие будет выводиться к доске для разбора решения задачи. Также для дополнительного понятия темы будут выдаваться задачи для решения на дом. Для стимуляции студентов при решении задач будут выставляться дополнительные баллы.
лабораторные работы	Во время лабораторной работы будут проведены эксперименты по теме пройденных лекций. Во время работы студент получает методическое указание. Изучает установку и порядком проведения работы. Проводит исследования, затем обрабатывает полученные данные. Заполняет отчет по лабораторной работе с выводом и защищает ее у преподавателя.
самостоятельная работа	Начиная подготовку к занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.
письменная работа	Письменные работы проводится в аудиториях, где раздаются задания в виде тестов или задач. В первой половине пары студенты изучают методическое пособие по решению задач. Решают примерные задания, задают вопросы преподавателю. Далее студенты оформляют решения и защищают данную работу, либо сдают на проверку преподавателю
экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Экзамен проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Интенсификация тепломассообменных процессов" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Интенсификация тепломассообменных процессов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.04.02 "Технологические машины и оборудование" и магистерской программе Машины и аппараты пищевых производств