

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: 15.03.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Машины и аппараты пищевых производств

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Арсланов И.М.

**Рецензент(ы):** Галимянов И.Д.

### **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) старший преподаватель, б/с Арсланов И.М. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), IIMArslanov@kpfu.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
ПК-10	способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК-11	способностью проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вводимое оборудование
ПК-12	способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК-15	умением выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК-3	способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машин и оборудования
ПК-5	способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования
ПК-6	способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК-7	умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

Общие методы интенсификации тепломассообмена.

Методы интенсификации тепломассообмена в гидромеханических процессах.

Методы интенсификации тепломассообмена в тепловых процессах.

Методы интенсификации тепломассообмена в массообменных процессах.

Должен уметь:

использовать методы интенсификации тепломассообмена для энергосбережения и повышения энергоэффективности технологических процессов и оборудования при разработке эскизных, технических и рабочих проектов сложных изделий.

Должен владеть:

навыками внедрения методов и способов интенсификации тепломассообмена в проектируемое и/или эксплуатируемое технологическое оборудование.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять базовые закономерности тепломассообменных процессов и принципы их моделирования;
- применять на практике методы интенсификации тепломассообменных процессов;
- на основе знания закономерностей протекания тепломассообменных процессов создавать новые методы интенсификации тепломассообменных процессов;

## 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 15.03.02 "Технологические машины и оборудование (Машины и аппараты пищевых производств)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 6 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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. Введение. Классификация процессов в машинах и аппаратах пищевых производств. Общие методы интенсификации тепломассообмена.	6	4	2	0	15
2.	Тема 2. Гидромеханические процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в гидромеханических процессах.	6	4	4	0	19
3.	Тема 3. Тепловые процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в тепловых процессах.	6	5	6	0	19
4.	Тема 4. Массообменные процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в массообменных процессах.	6	5	6	0	19

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого		18	18	0	72

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. Классификация процессов в машинах и аппаратах пищевых производств. Общие методы интенсификации тепломассобмена.

1. Классификация процессов в машинах и аппаратах пищевых производств.
2. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Основные методы интенсификации. Сравнительная эффективность методов.
3. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении: в канале с дискретной шероховатостью; в канале с винтовой накаткой; в канале со спирально-винтовыми проволочными вставками; в канале с поперечной дискретной шероховатостью.
4. Дискретно-шероховатые каналы (ДШК) при турбулентном течении теплоносителя: при дискретно-шероховатой поверхности теплообмена; в канале со сплошной шероховатостью стенки; в канале с поперечными кольцевыми выступами; в канале со спиральными выступами и пружинными вставками; при наличии кольцевых и спиральных канавок на поверхности теплообмена; при наличии сферических углублений на поверхности теплообмена.

### Тема 2. Гидромеханические процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассобмена в гидромеханических процессах.

1. Конструктивные способы интенсификации
  - Интенсификация закруткой потока теплоносителя
  - Теплообмен в каналах типа конфузур-диффузур
  - Развитые (оребранные) поверхности теплообмена
  - Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости
  - Интенсификация теплообмена при пленочном течении.
2. Интенсификация массообмена при следующих гидромеханических процессах: получение гомогенных и гетерогенных систем методами перемешивания и диспергирования; пенообразование и взбивание; псевдооживление; разделение гетерогенных жидкостных систем; очистка газов от пыли.

### Тема 3. Тепловые процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассобмена в тепловых процессах.

Интенсификация тепломассобмена при следующих тепловых процессах: тепловые процессы, происходящие без изменения агрегатного состояния вещества; тепловые процессы с изменением агрегатного состояния вещества; тепловое излучение; варка; жарка; выпаривание; интенсификация теплообмена при пленочном течении.

### Тема 4. Массообменные процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассобмена в массообменных процессах.

1. Интенсификация массообмена при следующих процессах: абсорбция; ректификация (сравнительные характеристики контактных устройств; комплексная оценка массообменных и энергетических характеристик насадок); адсорбция; экстракция.
2. Интенсификация массообмена при мембранных методах разделения жидкостных систем. Интенсификация массообмена при сушильных процессах.
3. Интенсификация тепломассобмена при механическом воздействии на поверхность теплообмена: вращением (внутреннее и внешнее обтекание); вибрацией поверхности теплообмена; пульсацией давления в потоке; перемешиванием жидкости.
4. Интенсификация тепломассобмена при фазовых превращениях (обработка поверхности, использование эффекта поверхностного натяжения, капельная конденсация, закрутка потока, наложение электростатического поля).

## 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
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Тестирование	ПК-2 , ПК-3	3. Тепловые процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в тепловых процессах.
2	Устный опрос	ПК-10 , ПК-7	1. Введение. Классификация процессов в машинах и аппаратах пищевых производств. Общие методы интенсификации тепломассообмена. 2. Гидромеханические процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в гидромеханических процессах.
3	Тестирование	ПК-11	4. Массообменные процессы в машинах и аппаратах пищевых производств. Методы интенсификации тепломассообмена в массообменных процессах.
	<b>Зачет</b>	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-15, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7	

### 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.	
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Тестирование	86% правильных ответов и более.	От 71% до 85 % правильных ответов.	От 56% до 70% правильных ответов.	55% правильных ответов и менее.	1 3
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		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 6

#### Текущий контроль

##### 1. Тестирование

##### Тема 3

Интенсификация тепломассообмена при следующих тепловых процессах: тепловые процессы, происходящие без изменения агрегатного состояния вещества; тепловые процессы с изменением агрегатного состояния вещества; тепловое излучение; варка; жарка; выпаривание; интенсификация теплообмена при пленочном течении.

1. Модель гидродинамических характеристик пленочного течения.
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. О форме обобщения экспериментальных данных на основе гидродинамической аналогии на примере поперечного обтекания шахматного пучка труб
6. Теплоотдача от гладкой пластины.
7. Расчет теплоотдачи для трубы.
8. Теплоотдача с учетом входного участка.
9. Расчет теплоотдачи для шероховатой пластины.
10. Расчет теплоотдачи в каналах с элементами интенсификации.

##### 2. Устный опрос

##### Темы 1, 2

Интенсификация тепломассообмена при следующих тепловых процессах: тепловые процессы, происходящие без изменения агрегатного состояния вещества; тепловые процессы с изменением агрегатного состояния вещества; тепловое излучение; варка; жарка; выпаривание; интенсификация теплообмена при пленочном течении.

1. Классификация процессов в машинах и аппаратах пищевых производств.
2. Классификация и эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Основные методы интенсификации. Сравнительная эффективность методов.
3. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении: в канале с дискретной шероховатостью.

4. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении: в канале с винтовой накаткой.
5. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении: в канале со спирально-винтовыми проволочными вставками.
6. Интенсификация теплообмена при ламинарном течении: в канале с поперечной дискретной шероховатостью.
7. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: при дискретно-шероховатой поверхности (ДШК) теплообмена.
8. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: в канале со сплошной шероховатостью стенки.
9. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: в канале с поперечными кольцевыми выступами.
10. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: в канале со спиральными выступами и пружинными вставками.
11. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: при наличии кольцевых и спиральных канавок на поверхности теплообмена.
12. Интенсификация теплообмена при турбулентном течении теплоносителя: при наличии сферических углублений на поверхности теплообмена.

### 3. Тестирование

#### Тема 4

1. Интенсификация массообмена при процессах с абсорбцией.
2. Интенсификация массообмена при процессах с адсорбцией.
3. Интенсификация массообмена при следующих процессах: ректификация (сравнительные характеристики контактных устройств; комплексная оценка массообменных и энергетических характеристик насадок).
4. Интенсификация массообмена при процессах с экстракцией.
5. Интенсификация массообмена при мембранных методах разделения жидкостных систем.
6. Интенсификация массообмена при сушильных процессах.
7. Интенсификация тепломассообмена при механическом воздействии на поверхность теплообмена: вращение (внутреннее и внешнее обтекание).
8. Интенсификация тепломассообмена при механическом воздействии на поверхность теплообмена: вибрацией поверхности теплообмена.
9. Интенсификация тепломассообмена при механическом воздействии на поверхность теплообмена: пульсацией давления в потоке.
10. Интенсификация тепломассообмена при механическом воздействии на поверхность теплообмена: перемешиванием жидкости.
11. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях: обработка поверхности.
12. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях: использование эффекта поверхностного натяжения.
13. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях: капельная конденсация.
14. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях: закрутка потока.
15. Интенсификация тепломассообмена при фазовых превращениях: наложение электростатического поля.

### Зачет

#### Вопросы к зачету:

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 - Левшица. 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 тепломассопереноса в колонне с провальными тарелками. Математическая модель насадочной массообменной колонны.
19. Расчетные формулы гидравлических и тепломассообменных 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
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Тестирование	Тестирование проходит в письменной форме или с использованием компьютерных средств. Обучающийся получает определённое количество тестовых заданий. На выполнение выделяется фиксированное время в зависимости от количества заданий. Оценка выставляется в зависимости от процента правильно выполненных заданий.	1	15
		3	15
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	20
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт 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.		50

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

##### 7.1 Основная литература:

1. Процессы и аппараты пищевых производств/Жуков В.И. - Новосиб.: НГТУ, 2013. - 188 с.: ISBN 978-5-7782-2403-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/546590>
2. Вобликова, Т.В. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.В. Вобликова, С.Н. Шлыков, А.В. Пермьяков. - Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. - 212 с. - ISBN 978-5-9596-0958-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/514571>
3. Процессы кристаллизации и затвердевания: Учебное пособие / Е.Л. Бибииков, А.А. Ильин. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 352 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Современные технологии: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-98281-341-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/403173>
4. Проектирование оборудования пищевых производств. Часть 1. Циклически работающие машины/Керженцев В.А. - Новосиб.: НГТУ, 2011. - 63 с.: ISBN 978-5-7782-1868-0 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/546496>
5. Проектирование оборудования пищевых производств. Часть 2. Ациклически работающие машины/Керженцев В.А. - Новосиб.: НГТУ, 2012. - 78 с.: ISBN 978-5-7782-2096-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/547814>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока: Теория, эксперимент, методы расчета: Монография/Светлов Ю.В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 304 с.: 60x90 1/16. - (Научная мысль) (О) ISBN 978-5-16-010607-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=496152>
2. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокапельных потоках / Терехов В.И., Пахомов М.А. - Новосиб.: НГТУ, 2009. - 284 с.: ISBN 978-5-7782-1157-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556665>
3. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий: Монография / Болдырев В.В., Аввакумов Е.Г. - Новосиб.: СО РАН, 2009. - 343 с. ISBN 978-5-7692-1063-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/924737>
4. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов [Электронный ресурс]: монография / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 163 с. - (Научная мысль). - ISBN: 978-5-16-011707-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/970148>
5. Кирсанов, В. В. Применение термоэлектрических модулей в пастеризационно-охладительных установках для обработки жидких пищевых продуктов [Электронный ресурс] : монография / В. В. Кирсанов, В. Н. Кравченко, Р. Ф. Филонов. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2011. - 88 с. - ISBN 978-5-86785-273-3. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/422487>
6. Сон, К.Н. Ветеринарная санитария на предприятиях по производству и переработке сырья животного происхождения [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.Н. Сон, В.И. Родин, Э.В. Беспланеев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2013. ? 416 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5857>. ? Загл. с экрана.

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

ЭБС "Знаниум" - <http://znanium.com>

ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru>

ЭБС "Лань" - <https://e.lanbook.com>

Электронный каталог КФУ - <https://kpfu.ru/chelny/study/library/elektronnyj-katalog>

## 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	Занятия проводятся в специализированных аудиториях, где находятся лабораторные установки. В первой половине пары студенты после изучения методического пособия по проведению лабораторных работ производят эксперименты на установках и составляют протокол измерений. Далее студенты оформляют отчет проведения практической работы в состав которого входит: теоретическая часть, расчетная часть и вывод. После выполнения данных действий студент защищает данную работу.

Вид работ	Методические рекомендации
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.
тестирование	Подготовка к тестированию проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 3 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы. Опрос предполагает устный ответ студента на один основной и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ студента должен представлять собой развернутое, связанное, логически выстроенное сообщение. При выставлении оценки преподаватель учитывает правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, умение связывать теоретические положения с практикой, в том числе и с будущей профессиональной деятельностью.
устный опрос	Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 3 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы. Опрос предполагает устный ответ студента на один основной и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ студента должен представлять собой развернутое, связанное, логически выстроенное сообщение. При выставлении оценки преподаватель учитывает правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, умение связывать теоретические положения с практикой, в том числе и с будущей профессиональной деятельностью.
зачет	В ходе последних лекций студенту необходимо взять у преподавателя перечень вопросов к зачету и подготовиться надлежащим образом. Если в перечне вопросов будут вопросы, которые не изучали, то нужно обратиться к преподавателю заранее. Если в перечне вопросов будут не понятные вопросы, то попросить преподавателя разъяснить данные вопросы во время консультации.

#### 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

Браузер Mozilla Firefox

Adobe Reader XI

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.

#### **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 15.03.02 "Технологические машины и оборудование" и профилю подготовки Машины и аппараты пищевых производств .