

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия

имени Н.В. Верещагина»

Факультет технологический

Кафедра технологического оборудования

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ С ОСНОВАМИ  
ГИДРАВЛИКИ**

**Направление подготовки** 15.03.02 Технологические машины и оборудование

**Профиль** Машины и аппараты пищевых производств

**Квалификация(степень) выпускника:** бакалавр

Вологда – Молочное

2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Разработчики, д.т.н., профессор Гнездилова А.И. к.т.н., доцент Баронов В.И.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры технологического оборудования от 20.02.25, протокол № 6.

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент Кузин А.А.

Рабочая программа дисциплины согласована на заседании методической комиссии технологического факультета от 20.02.25, протокол № 6.

Председатель методической комиссии, к.т.н., доцент Бурмагина Т.Ю.

## 1 Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** - сформировать у студентов знания о технологических процессах пищевых производств и аппаратах для их осуществления с учетом технических и экологических аспектов, а также практические навыки по подготовке к решению как конкретных производственных задач, так и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов пищевых производств.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование знаний об основных механических, гидромеханических, тепловых и массообменных процессах, протекающих в различных производствах;
- формирование знаний по использованию современных методов исследования этих процессов;
- формирование навыков по решению конкретных производственных задач и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов пищевых производств.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Процессы и аппараты пищевых производств с основами гидравлики» относится к обязательной части дисциплин федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль Машины и аппараты пищевых производств. Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.О.22. Дисциплина изучается в 4,5 и 6 семестрах.

Освоение дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств с основами гидравлики» базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как: «Математика» -Б1.О.06, «Физика» - Б1.О.07, «Механика» -Б1.О.19.

Дисциплина «Процессы и аппараты пищевых производств с основами гидравлики» является базовой для последующего изучения дисциплин: «Технологическое оборудование»–Б1.О.21, а также является базой для эффективного прохождения практик: эксплуатационной –Б2.О.03(П), технологической–Б2.О.02(П), преддипломной–Б2.В.02 (Пд), научно-исследовательской работы Б2.В.01(П).

*Область профессиональной деятельности* и сферы профессиональной деятельности, в которых выпускники, освоившие программу бакалавриата (далее - выпускники), могут осуществлять профессиональную деятельность:

Производство машин и оборудования (в сферах: оптимизации структуры производственных процессов; разработки проектов промышленных процессов и производств; эксплуатации технологических комплексов механосборочных производств; разработки конструкторской, технологической, технической документации комплексов механосборочного производства и машиностроения);

Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: технологического обеспечения заготовительного производства на машиностроительных предприятиях; технологической подготовки производства деталей машиностроения; проектирования машиностроительных производств, их основного и вспомогательного оборудования, инструментальной техники, технологической оснастки; проектирования транспортных систем машиностроительных производств; разработки нормативно-технической и плановой документации, системы стандартизации и сертификации; разработки средств и методов испытаний и контроля качества машиностроительной продукции).

Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сфере технологий комплексной переработки мясного и молочного сырья).

Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях профессиональной деятельности и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника.

*Виды профессиональной деятельности:* производственно-технологическая; проектно-конструкторская; научно-исследовательская.

*Объекты профессиональной деятельности:* машины и оборудование (в сферах: оптимизации структуры производственных процессов; разработки проектов промышленных процессов и производств; эксплуатации технологических комплексов механосборочных производств; разработки конструкторской, технологической, технической документации комплексов механосборочного производства и машиностроения).

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Код и наименование компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Знает основные понятия и методы математического анализа, основные законы физики, физические свойства неорганических и органических соединений ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Умеет использовать статистический аппарат и технические средства для обработки экспериментальных данных, законы физики и физические свойства неорганических и органических соединений для регулирования, управления и совершенствования технологических процессов применительно к выбранной специальности, грамотно интерпретировать полученные результаты ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Владеет способностью проводить анализ результатов обработки статистических данных и формулировать на его основе практически значимые выводы ИД-4 <sub>ОПК-1</sub> Владеет навыками планирования самостоятельной работы и методами лабораторных исследований, методами обобщения результатов при проведении теоретических и экспериментальных исследований
ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> Знает современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов. ИД-2 <sub>ОПК-7</sub> Умеет применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении ИД-3 <sub>ОПК-7</sub> Владеет навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании технологического оборудования пищевой промышленности

### 4 Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **14** зачетных единиц – **504** час.

Распределение по семестрам обучения:

- 4 семестр – 5 зачетных единицы, 180 часов;
- 5 семестр – 4 зачетных единицы, 144 часов;
- 6 семестр – 5 зачетных единицы, 180 часов.

#### 4.1 Структура дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов по всему циклу дисциплины	Очная форма			Заочная форма		
		4	5	6	5	6	
Семестр		4	5	6	5	6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>179</b>	<b>64</b>	<b>51</b>	<b>64</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>12</b>
<i>В том числе:</i>							
Лекции(Л)	65	32	17	16	4	6	2
Практические занятия(ПЗ)	33	-	17	16	2	6	4
Лабораторные работы(ЛР)	81	32	17	32	4	6	6
Контроль	33	12	12	9	4	4	9
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>292</b>	<b>104</b>	<b>81</b>	<b>107</b>	<b>166</b>	<b>122</b>	<b>159</b>
Вид промежуточной аттестации	Зачет, зачет экзамен	зачет	зачет	Экзамен Курсовой проект	зачет	зачет	Экзамен Курсовой проект
Общая трудоёмкость, часы	504	180	144	180	180	144	180
Зачётные единицы	14	5	4	5	5	4	5

#### 4.2 Содержание разделов учебной дисциплины

**Раздел 1.** Введение. Основные законы науки о процессах и аппаратах. Предмет изучения. Цели и задачи курса. Основные понятия. Классификация основных процессов и аппаратов и их характеристика. Основные законы науки о процессах и аппаратах. Балансы массы и энергии. Понятие о моделировании. Математическое и физическое моделирование. Теория подобия как научная теория обобщенных данных экспериментальных исследований. Критерии подобия. Оптимизация процессов и аппаратов.

**Раздел 2.** Гидравлические процессы. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основной закон гидростатики и его применение. Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкостей. Уравнение неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса. Уравнение Бернулли. Понятие об элементарном потоке. Свойства элементарного потока. Элементарный расход и его определение. Уравнение баланса элементарного расхода. Уравнение баланса механической энергии для элементарного потока идеальной жидкости. Трубка Пито. Полный напор для целого потока. Перемещение жидкостей (насосы). Основные параметры насосов.

**Раздел 3.** Механические процессы. Измельчение. Применение в пищевой промышленности. Теория процесса. Классификация способов и машин для дробления. Характеристика машин. Расход энергии на измельчение. Сортировка. Теория ситового анализа. Методы и машины для сортировки. Коэффициент полезного действия при сортировке. Обработка давлением. Основы теории. Процессы отжатия, формования, прессования. Машины для обработки давлением, устройство, принцип действия.

**Раздел 4.** Гидромеханические процессы. Осаждение. Теория процесса. Осаждение в поле гравитационных сил. Определение скорости осаждения одиночной частицы и в

стесненных условиях. Устройство и расчет отстойников. Осаждение в поле центробежных сил. Сепарирование. Назначение и сущность процесса. Теория сепарирования, основные теоретические положения, вытекающие из нее, их практическое применение. Устройство и расчет сепараторов. Гидродинамика движения жидкости через неподвижные зернистые слои. Характеристика зернистых слоев. Теория фильтрования под действием перепада давлений. Мембранные процессы и их место в молочной промышленности. Ультрафильтрация, обратный осмос, микрофильтрация. Гидродинамика процессов взаимодействия газа (пара), жидкости и сыпучих тел. Псевдооживление. Теория процесса. Режим витания и уноса. Применение этих процессов в молочной промышленности. Применение процесса в пищевой промышленности. Механическое перемешивание. Расчет мощности на перемешивание. Типы мешалок и их устройство.

**Раздел 5. Тепловые процессы.** Общая характеристика тепловых процессов, их роль в пищевой промышленности. Балансы энергии для теплообменных процессов. Способы передачи тепла и их характеристика. Механизм переноса тепла теплопроводностью, конвекцией, излучением.

Тепловое подобие. Критерии теплового подобия. Их применение в практических расчетах. Основное уравнение теплопередачи. Применение основного уравнения теплопередачи для расчета теплообменной аппаратуры. Конструкция основных видов теплообменной аппаратуры, применяемой в пищевой промышленности. Характеристика основных теплоносителей, их сравнительная оценка. Конденсация. Физические основы процесса. Классификация конденсаторов, их устройство, расчет.

Выпаривание. Назначение и применение в пищевой промышленности. Теоретические основы выпаривания. Типы выпаренных аппаратов. Вакуум-выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией. Выпаривание в тонкой пленке. Материальный и тепловой баланс. Температурные потери, их виды и определение. Расчет поверхности нагрева. Сущность многократного выпаривания. Определение оптимального числа корпусов. Выпарной аппарат с тепловым насосом. Пути интенсификации выпарных аппаратов.

**Раздел 6. Массообменные процессы.** Общие сведения о массообменных процессах. Механизмы переноса массы. Молекулярная и конвективная диффузия. Подобие тепловых и массообменных процессов. Массопередача. Движущая сила процесса.

Ректификация. Сущность процесса. Основные законы. Аппараты для осуществления процессов и их расчет. Экстракция. Сущность процесса. Экстракция из жидких и твердых тел. Массопередача при экстракции. Конструкция и расчет экстракторов.

Сушка. Физические основы процесса. Формы связи влаги с материалом. Параметры влажного воздуха и определение их с помощью  $i-x$  диаграммы. Изображение процессов нагрева, охлаждения, смешения и сушки на  $i-x$  диаграмме. Материальный и тепловой балансы сушки. Сорбция и десорбция влаги. Кинетика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Основные типы сушильных установок. Технико-экономическая оценка сушилок и области их применения.

Кристаллизация и растворение. Назначение и сущность процессов. Материальный и тепловой балансы. Аппараты для кристаллизации и растворения, их конструкция и расчет.

#### 4.3 Разделы учебной дисциплины и вид занятий

№ п.п.	Наименование разделов учебной дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Контроль	Всего
4 семестр							
1	Введение. Основные законы науки о процессах и аппаратах	2	-	-	4	-	6

2	Гидравлические процессы.	30	-	32	100	12	174
	<i>Всего 4 семестр</i>	32		32	104	12	180
5 семестр							
3	Механические процессы	2	-	-	6	-	8
4	Гидромеханические процессы	15	17	17	75	12	136
	<i>Всего 5 семестр</i>	17	17	17	81	12	144
6 семестр							
5	Тепловые процессы	8	8	20	67	5	108
6	Массообменные процессы	8	8	12	40	4	72
	<i>Всего 6 семестр</i>	16	16	32	107	9	180
	<i>Итого по курсу</i>	65	33	81	292	33	504

### 5. Матрица формирования компетенций по дисциплине

№ п.п.	Разделы, темы дисциплины	профессиональные компетенции	профессиональные компетенции	Общее количество компетенций
		ОПК-1	ОПК-7	
1	Введение. Основные законы науки о процессах и аппаратах	+	-	1
2	Гидравлические процессы	+	-	1
3	Механические процессы	+	+	2
4	Гидромеханические процессы	+	+	2
5	Тепловые процессы	+	+	2
6	Массообменные процессы	+	+	2

### 6. Образовательные технологии

Объем часов всего 504 часов, в т.ч. лекции 65 часов, лабораторные работы 65 часов, практические занятия – 49 часов.

Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины: традиционные технологии (лекции, лабораторные занятия, написание контрольных работ, работа в малых группах); интерактивные (представлены в таблице). Объем занятий в интерактивной форме составляет 23% от аудиторных занятий.

Таблица - Активные и интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
4	Л	Проблемная лекция на тему: «Сравнительная оценка мембранных способов концентрирования вторичного молочного сыря»	2
5	Л	Проблемная лекция на тему: «Нанофильтрация при переработке вторичного молочного сыря»	2
5	Л	Проблемная лекция на тему: «Влияние компонентов молочного сыря на кристаллизацию лактозы в производстве сгущенных»	4

		молочных консервов с сахаром»	
5	Л	Лекция визуализация на тему: «Конструкции теплообменных аппаратов и их сравнительная оценка»	4
5	ПЗ	Групповая работа на тему «Сравнительная оценка различных способов разделения неоднородных систем»	4
6	ПЗ	Групповая работа на тему «Сравнительная оценка различных способов сушки и конструкций аппаратов»	4
5	ЛР	Анализ конкретных ситуаций (case-study) типа ситуация-иллюстрация на тему: «Независимость производительности отстаивания от высоты отстойника»	4
5	ПЗ	Анализ конкретных ситуаций (case-study) типа ситуация-проблема на тему «Трудности определения коэффициента теплоотдачи из основного уравнения теплоотдачи»	4
4	ЛР	Анализ конкретных ситуаций (case-study) типа ситуация - оценка на тему «Обоснование оптимальной скорости движения теплоносителя в закрытых каналах теплообменных аппаратов»	4
6	ЛР	Деловая игра на тему «Организация и проведение процесса сгущения и сушки на молочном предприятии»	8
Итого:			40

**7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**7.1 Виды самостоятельной работы, порядок их выполнения и контроля**

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды СРС	Порядок выполнения СРС	Метод контроля
1	Введение. Основные законы науки о процессах и аппаратах	Подготовка к тестированию,	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами	Устный опрос
2	Гидравлические процессы	Подготовка к ЛР	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами, подготовка отчета по ЛР	Устный опрос
3	Механические процессы	Подготовка к тестированию	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами,	Тестирование, устный опрос
4	Гидромеханические процессы	Подготовка к ЛР, подготовка к тестированию	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами, подготовка отчета по ЛР	Устный опрос, письменный контроль, тестирование

5	Тепловые процессы	Подготовка к ЛР, подготовка к тестированию	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами, подготовка отчета по ЛР	Устный опрос, письменный контроль, тестирование
6	Массообменные процессы	Подготовка к ЛР, подготовка к тестированию	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами, подготовка отчета по ЛР	Устный опрос, письменный контроль, тестирование
	Итоговый контроль	Подготовка к экзамену	Работа с лекционным материалом, основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами	Экзамен

## 7.2 Контрольные вопросы для самопроверки

Разделы рабочей программы	Перечень вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1.</b> Введение.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какие основные законы науки положены в основу изучения дисциплины?</li> <li>2.Что такое теория подобия?</li> <li>3.Какие применяются методы моделирования?</li> <li>4.Какие виды подобия различают?</li> <li>5.Что называют критерием подобия?</li> <li>6.Какие способы получения критериев подобия знаете?</li> <li>7.Что положено в основу метода анализа размерностей?</li> <li>8.Как формулируется первая теорема подобия?</li> <li>9.Критерии оптимизации.</li> </ol>
<b>Раздел 2.</b> Гидравлические процессы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Получите дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.</li> <li>2.В чем заключается основной закон гидростатики?</li> <li>3. Приведите примеры применения основного закона гидростатики.</li> <li>4.Получите уравнение неразрывности потока.</li> <li>5.Каково практическое применение: уравнения неразрывности потока?</li> <li>6.Получите дифференциальные уравнения движения Эйлера.</li> <li>7.Запишите дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса.</li> <li>8.Уравнение Бернулли и его применение на практике.</li> <li>9. Как определяются расход и полный напор в трубопроводе?</li> <li>10. Каково устройство и назначение трубки Пито?</li> <li>11.Перечислите основные конструкции насосов применяемых в гидравлических машинах</li> <li>12.Перечислите основные параметры насосов.</li> </ol>
<b>Раздел 3.</b> Механические процессы	<p><b>Обработка продуктов давлением</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какие параметры влияют на выход жидкого продукта при отжиме и какие аппараты применяют для реализации этого процесса ?</li> <li>2. Какие законы используются для описания этого процесса?</li> <li>3. В чём заключается физическая сущность процесса при формовании путём штампования?</li> <li>4. Опишите конструкцию применяемых в пищевой промышленности прессов.</li> </ol>

	<p>5. Для каких целей применяются: прессование, штампование и отжим в пищевой промышленности?</p> <p><b>Измельчение (дробление)</b></p> <p>6. На какие виды подразделяется измельчение в зависимости от начальных и конечных размеров кусков?</p> <p>7. Как рассчитываются затраты энергии на дробление?</p> <p>8. Характеризовать основные типы дробилок: щековые, конусные, молотковые, вальцовые, шаровые мельницы, вибрационные мельницы. Каков их принцип действия?</p> <p><b>Классификация и сортировка зернистых материалов</b></p> <p>9. Какие способы классификации применяются в пищевой промышленности?</p> <p>10. На чем основана классификация грохочением? Каково устройство грохота?</p> <p>11. В чем заключается сущность ситового анализа?</p> <p>12. Каков характер движения частиц на сите?</p> <p>13. Как оценивается эффективность сортировки?</p>
<p><b>Раздел 4.</b></p> <p>Гидромеханические процессы</p>	<p><b>Отстаивание</b></p> <p>1. Какие силы действуют на твёрдую частицу при её движении в гравитационном поле в жидкой среде?</p> <p>2. Как рассчитывается скорость осаждения твёрдой одиночной сферической частицы в жидкой среде?</p> <p>3. От каких параметров зависит коэффициент сопротивления среды?</p> <p>4. При каком режиме и почему процесс отстаивания твёрдых частиц наиболее эффективен?</p> <p>5. Какие критерии гидромеханического подобия описывают процесс отстаивания?</p> <p>6. Как учитывается несферичность частиц и массовость процесса отстаивания?</p> <p>7. Какие конструкции аппаратов используются для отстаивания?</p> <p>8. Какие уравнения лежат в основе расчёта отстойника?</p> <p>9. Какие способы интенсификации процесса применяются при отстаивании?</p> <p><b>Центрифугирование</b></p> <p>11. Какова сущность и назначение процесса центрифугирования?</p> <p>12. Под действием каких сил находится твёрдая частица в барабане центрифуги?</p> <p>13. Как рассчитывается скорость разделения твёрдой одиночной сферической частицы в барабане центрифуги?</p> <p>14. С помощью какого критерия рассчитывается эффективность центрифугирования?</p> <p>15. Какой режим центрифугирования наиболее эффективен?</p> <p>16. Какие конструкции центрифуг применяются в пищевой промышленности?</p> <p>17. Как рассчитываются отстойные центрифуги?</p> <p><b>Сепарирование</b></p> <p>18. Каково назначение и сущность процесса сепарирования?</p> <p>19. Под действием каких сил находится частица (жировой шарик) в межтарелочном пространстве сепаратора?</p> <p>20. Какова траектория движения жирового шарика (твёрдой частицы) в барабане сепаратора?</p> <p>21. Какие параметры и как влияют на производительность сепаратора?</p> <p>22. Какие недостатки имеет элементарная теория сепарирования и как они</p>

устраняются за счёт гидромеханической теории?

23 Как режим движения влияет на разделение при сепарировании?

24 Каково устройство и принцип работы сепараторов: сливкоотделителя и молокоочистителя?

25 Какие конструктивные особенности отличают сепараторы сливкоотделители и молокоочистители?

26 . Как рассчитывается расход мощности на сепарирование?

**Гидродинамика движения жидкости через неподвижные зернистые слои**

27 Какими параметрами характеризуются моно и полидисперсные зернистые слои?

28 Каковы условия существования неподвижного зернистого слоя?

29 Какова связь между фиктивной и действительной скоростями движения жидкости?

30 Как рассчитывается гидравлическое сопротивление неподвижного зернистого слоя?

31 . Как рассчитывается коэффициент гидравлического сопротивления?

32 Какие аппараты работают с неподвижным зернистым слоем?

**Псевдооживление**

33 Какие технологические процессы протекают в режиме псевдооживления?

34 .Как достигается режим псевдооживления?

35.Как рассчитывается гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя?

36 Как изменяются характеристики зернистого слоя в процессе псевдооживления?

37 Как рассчитывается скорость начала и конца псевдооживления?

38 Что характеризует число псевдооживления?

39 Какими достоинствами и недостатками обладает псевдооживленный слой?

40 Какие конструкции аппаратов с псевдооживленным слоем применяются в пищевой промышленности?

41 Какой режим называют режимом пневмотранспорта?

**Фильтрование под действием перепада давления**

42 Каковы назначение и сущность процесса?

43 Какова движущая сила процесса фильтрования?

Из какого уравнения и как может быть получено дифференциальное уравнение фильтрования? Какие параметры влияют на скорость фильтрования?

44 Как рассчитывается продолжительность этого процесса?

45 Как определяются константы в уравнении фильтрования?

46 Какие конструкции фильтров применяются в пищевой промышленности?

47 Какие способы интенсификации процесса фильтрования известны?

**Обратный осмос, нано- и ультрафильтрация**

48 Каково назначение процессов? В чём общность их протекания и каковы их особенности?

49 Какое явление лежит в основе разделения с помощью мембран и что является движущей силой процесса?

50 Каков механизм разделения на полупроницаемой мембране?

51 Какими свойствами должны обладать мембраны? Какие мембраны используются в процессах?

52 Какие основные конструкции мембранных аппаратов применяются в

	<p>пищевой промышленности? В чём заключается расчёт этих аппаратов?</p> <p><b>Механическое перемешивание в жидкой среде</b></p> <p>53 Дать общую характеристику основных способов перемешивания: механического, пневматического, циркуляционного и поточного?</p> <p>54 Какие основные конструкции механических мешалок используются в пищевой промышленности? Дать их сравнительную оценку?</p> <p>55 Используя <math>\pi</math>-теорему получить критерии для описания процесса механического перемешивания?</p> <p>56 Как рассчитывается энергия на механическое перемешивание?</p> <p>57 Почему при турбулентном режиме расходуемая энергия не зависит от вязкости перемешиваемой жидкости?</p> <p><b>Разделение газовых неоднородных систем</b></p> <p>58 Какова сравнительная эффективность различных методов очистки газовых систем?</p> <p>59 Как оценивается эффективность очистки?</p> <p>60 В чём заключается гравитационная очистка?</p> <p>61 В каких аппаратах и как осуществляется инерционная и центробежная очистка? В чём заключается достоинство центробежной очистки?</p> <p>62 От каких параметров зависит мокрая очистка?</p> <p>63 В каких фильтрах осуществляется очистка газов?</p>
<p><b>Раздел 5.</b> Тепловые процессы</p>	<p><b>Основные законы теплопередачи</b></p> <p>1 Каковы механизмы переноса тепла? Какой механизм переноса тепла характерен для твёрдых тел?</p> <p>2 Какой закон описывает процесс? Какой физический смысл имеет коэффициент теплопроводности?</p> <p>3 Из какого уравнения может быть получен закон описывающий теплопроводность плоской стенки при установившемся тепловом режиме?</p> <p>4 В чём заключается сущность переноса тепла конвекцией?</p> <p>5 Какое уравнение описывает процесс теплоотдачи?</p> <p>6 Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?</p> <p>7 Какие критерии теплового подобия используются в расчёте теплообменных аппаратов?</p> <p>8 Чем определяется конкретный вид критериальных уравнений?</p> <p>9 В чём заключается сущность переноса тепла излучением?</p> <p>10 Какой процесс называют теплопередачей и каким законом он описывается? Каков физический смысл коэффициента теплопередачи?</p> <p>11 Какая связь существует между коэффициентами теплопередачи и теплоотдачи?</p> <p>12 Почему в расчётах тепловых процессов используется средний температурный напор и как и он вычисляется?</p> <p>13 Какие схемы движения теплоносителей существуют? Какие требования предъявляют к теплоносителям и хладоносителям?</p> <p>14 Какие конструкции теплообменных аппаратов применяются в пищевой промышленности?</p> <p>15 Какие теплообменники по принципу действия относятся к смешительным и какие к поверхностным?</p> <p>16 Какие достоинства и недостатки имеют кожухотрубные теплообменники?</p> <p>17 В каких случаях применяют теплообменники типа “труба в трубе”?</p> <p>18 Как устроен спиральный теплообменник?</p> <p>19 Каковы особенности теплопередачи в пластинчатом</p>

теплообменнике?

20 Чем различаются конструктивный и поверочный расчёты теплообменников?

21 Какие способы интенсификации процесса тепопередачи возможны в теплообменных аппаратах?

### **Нагрев и охлаждение**

22 Какие методы нагрева и охлаждения применяют в пищевой промышленности?

23 Из какого уравнения определяют расходы теплоносителя или хладоносителя?

### **Конденсация**

24 Какова физическая сущность процесса?

25 Из какого уравнения определяют расход воды на конденсацию паров?

26 Как устроен и работает поверхностный конденсатор?

27 Почему в промышленных технологических аппаратах теплота от пара к стенке осуществляется, как правило, в условиях плёночной конденсации?

28 Как рассчитывается коэффициент теплоотдачи при плёночной конденсации насыщенного пара?

29 Какие критерии теплового подобия описывают этот процесс?

30 Как устроен и работает барометрический конденсатор?

31 От каких параметров зависит высота барометрической трубы?

### **Выпаривание**

32 Каковы назначение и сущности процесса?

33 Какие способы выпаривания существуют? Когда следует применять выпаривание под разрежением и как создаётся вакуум?

34 Какие конструкции выпарных аппаратов существуют? Каково назначение калоризатора, сепаратора, конденсатора?

35 Что является движущей силой естественной циркуляции и как конструктивно обеспечивается циркуляционный контур?

36 Из каких уравнений определяется масса выпарной влаги и расход греющего пара? Составить уравнения.

37 Как рассчитываются: температура кипения, полная и полезная разности температур?

38 Какие депрессии имеют место при выпаривании и как они рассчитываются?

39 В чём принцип многократного выпаривания и с какой целью его осуществляют?

40 Как определяется оптимальное число корпусов многокорпусной выпарной установки?

41 Какие способы экономии тепла при выпаривании существуют?

42 Каково назначение и устройство инжектора (теплового насоса)?

43 Из каких уравнений определяется масса перегретого пара, пошедшего на термокомпрессию?

44 Как изменяется давление и скорость в сопле Лавала, камере смешения, камере сжатия?

45 Как рассчитывается коэффициент инжекции и КПД инжектора и какова между ними связь?

<p><b>Раздел 6.</b> Массооб- менные процессы</p>	<p><b>Основные законы массопередачи</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Каковы механизмы переноса массы и в чём заключается их сущность?</li> <li>2 Каким уравнением описывается перенос массы молекулярной диффузией? Каков физический смысл коэффициента молекулярной диффузии?</li> <li>3 Какой закон, являясь аналогом закона Ньютона-Рихмана, описывает перенос вещества из потока к поверхности раздела фаз?</li> <li>4 В чём аналогия переноса тепла и массы?</li> <li>5 Какие критерии характеризуют подобие массообменных процессов?</li> <li>6 Чем определяется конкретный вид критериальных уравнений?</li> <li>7 Из каких уравнений рассчитываются массовые расходы и строится рабочая линия массообменных процессов?</li> <li>8 Как определяется движущая сила массообменных процессов?</li> </ol> <p><b>Сушка</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9 В чём сущность процесса? Какова роль воздуха в контактной и конвективной сушке?</li> <li>10 Какие параметры характеризуют состояние влажного воздуха и какова связь между ними? (Отразить на I-x диаграмме)</li> <li>11 С помощью каких уравнений рассчитываются: масса удалённой влаги, расход воздуха и тепла на сушку?</li> <li>12 Чем действительный процесс сушки отличается от теоретического? (Показать на I-x диаграмме)</li> <li>13 Почему в теоретическом процессе энтальпия воздуха практически не изменяется?</li> <li>14 Из какого баланса может быть получено уравнение реального процесса сушки?</li> <li>15 Что такое потенциал сушки, что он характеризует?</li> <li>16 Какие формы связи влаги с материалом существуют?</li> <li>17 Что является движущей силой процесса сушки?</li> <li>18 Какие факторы являются определяющими в 1 и 2 периодах сушки?</li> <li>19 Как рассчитывается продолжительность сушки в 1 и 2 периодах?</li> <li>20 Почему скорость сушки в 1 периоде постоянна? Чем обусловлено её падение во 2 периоде?</li> <li>21 Почему сорбция влаги в одних и тех же условиях протекает труднее чем сушка?</li> <li>22 Каковы условия равновесия при сушке?</li> <li>23 Какие конструкции конвективных сушильных установок применяются на предприятиях молочной промышленности?</li> <li>24 Какие известны конструкции контактных сушилок?</li> <li>25 Какие продукты сушат в распылительных сушилках? Почему в ряде случаев применяют двух ступенчатую сушку?</li> </ol> <p><b>Кристаллизация</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>26 Каково назначение процесса, его механизмы и движущая сила?</li> <li>27 Какие факторы влияют на равновесие при кристаллизации?</li> <li>28 С какой целью создают пересыщение или переохлаждение перед кристаллизацией?</li> <li>29 Какие параметры влияют на основные стадии кристаллизации: зародышеобразование и рост кристаллов?</li> <li>30 В чём сущность изотермической и изогидрической кристаллизации?</li> <li>31 Какие уравнения положены в основу расчёта кристаллизаторов?</li> <li>32 Какие основные конструкции кристаллизаторов применяются на предприятиях пищевой отрасли?</li> </ol> <p><b>Ректификация и перегонка</b></p>
--	--

	<p>33. На каких свойствах жидких смесей основан метод перегонки?</p> <p>34. Какие разновидности простой перегонки применяются в пищевой промышленности?</p> <p>35. В чём заключается различие простой перегонки и ректификации?</p> <p>36. Каким законом подчиняются идеальные и реальные смеси жидкостей?</p> <p>37. Каковы условия равновесия для идеальных и реальных смесей жидкости?</p> <p>38. Как рассчитываются количество дистиллята и кубового остатка и флегмовое число?</p> <p>39. Как строятся рабочие линии процесса?</p> <p>40. Как рассчитывается число тарелок и рабочая высота ректификационной колонны?</p> <p>41. Какие конструкции ректификационных колонн применяются в пищевой промышленности?</p> <p style="text-align: center;"><b>Экстракция</b></p> <p>42. В чём сущность процесса экстракции в системе жидкость – жидкость? Какие компоненты участвуют в этом процессе?</p> <p>43. Каковы условия равновесия при экстракции? Какие факторы влияют на этот процесс?</p> <p>44. Какие диаграммы отображают процесс экстракции?</p> <p>45. Какой закон описывает массопередачу при экстракции? Как рассчитывается коэффициент массопередачи?</p> <p>46. В чём заключается принцип действия основных конструкций экстракторов: тарельчатых, роторно-дисковых, вибрационных, центробежных?</p> <p>47. В чём заключается расчёт экстракторов?</p> <p>48. Какие компоненты участвуют в процессе экстракции твёрдое тело – жидкость (выщелачивание)?</p> <p>49. От каких факторов зависит скорость процесс выщелачивания? В чем заключается расчёт аппаратов для выщелачивания?</p> <p>50. Какие основные конструкции экстракторов этого типа применяются в пищевой промышленности?</p>
--	---

### 7.3 Вопросы для промежуточной аттестации (зачет – 4 и 5 семестр, экзамен – 6 семестр)

#### Вопросы для подготовки к зачету в 4 семестре

1. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости
2. Основные свойства жидкости
3. Основной закон гидростатики и его применение
4. Конструкция устройств для измерения давления
5. Сила давления на плоскую стенку. Эпюра распределения давления по высоте
6. Понятие расхода. Уравнение расхода
7. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости
8. Уравнение Бернулли для реальной жидкости
9. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
10. Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
11. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса.
12. Гидродинамическое подобие. Критерий Рейнольдса
13. Режимы течения жидкости. Критическая скорость.
14. Кавитационное течение. Признаки кавитации.

15. Потери на трение при ламинарном течении в трубах
16. Потери на трение при турбулентном течении в трубах
17. Потери в местных гидравлических сопротивлениях
18. Истечение жидкости
19. Гидравлический расчет простых трубопроводов
20. Последовательное соединение простых трубопроводов
21. Параллельное соединение простых трубопроводов
22. Гидравлический расчет сложного трубопровода
23. Расчет трубопровода с насосной подачей
24. Основные параметры гидромашин
25. Устройство и принцип работы центробежного насоса. Применение
26. Характеристика центробежного насоса
27. Подобие лопастных насосов и перерасчет характеристик
28. Кавитационный расчет насосов
29. Классификация объемных насосов. Основные параметры насосов.
30. Устройство и принцип работы объемных насосов.

### **Вопросы для подготовки к зачету в 5 семестре**

#### ***Отстаивание***

1. Скорость движения одиночной шарообразной частицы возросла в 2 раза. Как изменится при этом сила сопротивления среды:
  - а) ламинарное течение (область Стокса)
  - б) переходный режим
  - в) турбулентный режим
2. Какой из перечисленных выше режимов наиболее эффективен? Докажите.
3. Обоснуйте необходимость критериального обеспечения в расчётах процесса отстаивания.
4. Как учесть несферичность формы частиц и массовость процесса осаждения?
5. Как высота отстойника влияет на его производительность?

#### ***Сепарирование***

1. Назначение и сущность процесса. Представьте схематически.
2. Под действием каких сил находится частица в сепараторе? Показать векторы скоростей и построить параллелограмм и траекторию движения частицы в сливкоотделителе и молокоочистителе. На основе анализа формулы сепарирования ответить на следующие вопросы.
3. С какой целью нагревают молоко перед сепарированием?
4. От каких параметров зависят потери жира в обезжиренном молоке? И как их снизить?
5. Перечислите конструктивные отличия молокоочистителя, введя соответствующие обоснования.

#### ***Перемешивание***

1. Назначение процесса и его сущность. Представить схематически.
2. Используя метод анализа размерностей, получите критерии гидромеханического подобия.
3. На основе литературных данных приведите примеры функциональной зависимости между критериями.
4. Как изменится частота вращения мешалки при перемешивании, если ее диаметр увеличился с  $d_1=D/3$  до  $d_2= D/2$  при неизменной мощности и параметров перемешиваемой жидкости:

- а) режим ламинарный;
- б) режим турбулентный. ( $D$  – диаметр аппарата).

### ***Теплопередача***

1. Основные термины: теплообмен, теплоотдача, теплопередача, теплоноситель, тепловой поток, удельный тепловой поток. Провести различия и дать определения.
2. Способы и механизмы переноса тепла. Какие механизмы характерны для твёрдых, жидких и газообразных сред?
3. Каковы условия переноса тепла между двумя теплоносителями?
4. Стационарный и нестационарный теплообмен. Примеры.
5. Какой закон положен в основу составления уравнения тепловых балансов?
6. Теплопроводность как механизм переноса тепла. Для какого агрегатного состояния этот способ является единственным? Закон Фурье, физический смысл коэффициента теплопроводности.
7. Какой материал следует выбрать в качестве изоляционного: стекловата, асбест, совелит, бетон, дерево, стекло? Почему?
8. Лучеиспускание. Закон Кирхгофа. Лучистый теплообмен между двумя плоскостями параллельно расположенными телами.
9. Теплоотдача. Основное уравнение (закон Ньютона). Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи? Возможно ли его определить из уравнения Ньютона?
10. Какие критерии теплового и гидромеханического подобия входят в критериальные уравнения? Чем определяется конкретный вид критериального уравнения?

### ***Выпаривание***

1. Назначение процесса. Принципиальная схема.
2. Способы выпаривания (под атмосферным, избыточным давлением и разрежением) и их сравнительная оценка.
3. При каких условиях осуществляют выпаривание под разрежением, и как создаётся вакуум?
4. Выпарные аппараты циркуляционного и плёночного типа и их сравнительная оценка.
5. Назначение: калоризатора, сепаратора и конденсатора?
6. Что является движущей силой естественной циркуляции, и как эта циркуляция обеспечивается конструктивно?
7. Привести температурный график выпаривания, показав на нём: температуру греющего и вторичного пара, температуру кипения, полную и полную полезную разности температур, температурные депрессии.
8. Составить уравнение теплового баланса для однокорпусного выпарного аппарата. Доказать, что приблизительно 1 кг греющего пара выпаривает приблизительно 1 кг воды.
9. Перечислить способы экономии тепла в процессе выпаривания.
10. Сформулировать принципы многократного выпаривания. Составить схему двухкорпусной вакуум-выпарного аппарата с отбором вторичного пара на паровой инжектор (термокомпрессор) после первого корпуса и отбором экстрапара после второго.

### ***Сушка***

1. Назначение и сущность процесса. Роль воздуха в контактной и конвективной сушке. Ответ представить в схеме.
2. Основные параметры влажного воздуха: абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, теплосодержание (энтальпия), плотность, парциальное давление. Записать уравнения, связывающие эти параметры.

3. Изобразить J-X диаграмму. Показать на ней процессы: нагрева, охлаждения, теоретической сушки, а так же температуры мокрого термометра и точки росы.
4. Составить уравнение материального баланса по высушиваемому продукту и баланса по влаге.
5. Показать процесс действительной сушки на схеме с помощью J-X-диаграммы.
6. Почему в теоретическом процессе энтальпия воздуха практически не изменяется? Записать уравнение рабочей линии теоретического процесса сушки.
7. Понятие потенциала сушки. Что он характеризует и при каких условиях равен нулю?
8. Каковы механизмы массопереноса влаги внутри твёрдого влажного материала к поверхности и от поверхности раздела фаз в воздух? Какими законами описывается этот процесс.
9. Построить кривую сушки и кривую скорости сушки. Выделить на них 1<sup>ый</sup> и 2<sup>ой</sup> периоды и записать уравнения кинетики для этих периодов. Что является движущей силой процесса в 1<sup>ом</sup> и 2<sup>ом</sup> периодах?
10. Почему скорость сушки и температура материала в 1<sup>ом</sup> периоде постоянны? Ответ обосновать.

### Вопросы к экзамену в 6 семестре

1. Классификация основных процессов и аппаратов. Принципы составления уравнений материальных и тепловых балансов.
2. Понятие об оптимизации процессов. Критерии оптимизации. Привести конкретный пример оптимизации.
3. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия. Способы получения критериев подобия. П – теорема.
4. Дробление (измельчение). Назначение процесса. Работа, затрачиваемая на крупное и мелкое дробление. Конструкции и принцип действия основных типов измельчающих машин.
5. Сортировка (классификация). Назначение процесса. Способы классификации. Конструкции и принцип действия устройств для механической классификации.
6. Обработка давлением: Отжатие, формование и прессование. Назначение и общая характеристика процессов и аппаратов.
7. Осаждение твердых частиц в гравитационном поле. Критерии гидромеханического подобия, характеризующие эти процессы.
8. Расчет скорости осаждения твердых частиц в гравитационном поле.
9. Отстаивание. Отстойники. Их устройство и расчет.
10. Разделение в поле центробежных сил. Фактор разделения.
11. Отстойные центрифуги, их устройство и расчет.
12. Сепарирование. Назначение процесса. Устройство сепараторов – молокоочистителей и сливоотделителей.
13. Элементарная теория сепарирования. Расчет производительности сепаратора. Параметры, влияющие на этот процесс.
14. Расчет мощности на сепарирование.
15. Гидродинамика движения жидкости через неподвижные зернистые слои. Формула для расчета гидравлического сопротивления и ее анализ.
16. Характеристики зернистого слоя и связь между ними.
17. Фильтрование. Назначение процесса. Дифференциальное уравнение скорости фильтрования.
18. Фильтрование. Расчет продолжительности фильтрования при постоянной скорости.
19. Фильтрование. Расчет продолжительности фильтрования при постоянном давлении.
20. Баромембранные процессы: Обратный осмос и ультрафильтрация. Характеристика мембран, применяемых в пищевой промышленности.

21. Устройство ультрафильтрационных установок. Факторы, влияющие на процесс разделения с помощью мембран (давление, температура, перемешивание).
22. Устройство и принцип действия фильтров, применяемых в пищевой промышленности.
23. Характеристика осадков и фильтровальных перегородок, применяемых в пищевой промышленности.
24. Очистка газов. Назначение процесса. Способы очистки, их сравнительная оценка. Аппараты для осуществления очистки газа.
25. Гидродинамика процесса псевдооживления. («кипения»). Физические основы процесса, применение в пищевой промышленности.
26. Свободное витание и унос. Условия витания и уноса. Расчет скорости витания. Применение явления уноса в пищевой промышленности.
27. Механическое перемешивание. Применение процесса в пищевой промышленности. Расчет мощности на перемешивание. Виды мешалок и их характеристика.
28. Способы переноса тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
29. Конвекция. Механизм переноса тепла конвекции. Основное уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.
30. Критерии теплового подобия. Их применение в тепловых расчетах.
31. Механизм переноса тепла излучением. Коэффициент теплоотдачи излучением.
32. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Основное уравнение теплопередачи.
33. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Определение среднего температурного напора.
34. Основные конструкции теплообменных аппаратов. Их сравнительная оценка.
35. Характеристика основных теплоносителей. Схемы движения теплоносителей. Их сравнительная оценка.
36. Конденсация. Теплоотдача при конденсации. Конденсаторы, их устройство и принцип действия.
37. Выпаривание. Физическая сущность процесса. Выпарные аппараты, применяемые в пищевой промышленности, их устройство и принцип действия.
38. Многокорпусные выпарные установки. Принцип многократного использования пара.
39. Уравнения материального и теплового балансов при выпаривании.
40. Полная и полезная разности температур. Их расчет.
41. Температурные потери (депрессии), возникающие в выпарных аппаратах. Их определение.
42. Выпаривание с применением термокомпрессии. Термоинжектор, устройство, принцип работы. Коэффициент инжекции.
43. Процессы адиабатического расширения, смещения и сжатия в термокомпрессоре. Изображение процессов на  $I-S$  диаграмме.
44. Механизм массопереноса. Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии.
45. Конвективная диффузия. Основное уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
46. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи.
47. Растворение и кристаллизация. Назначение процессов. Физические основы. Уравнение материального и теплового балансов процесса кристаллизации. Основные конструкции кристаллизаторов.
48. Сушка. Назначение процесса. Уравнения материального и теплового балансов.
49. Параметры влажного воздуха, их изображение на  $I-X$  диаграмме.
50. Изображение процессов теоретической и реальной сушки на  $I-X$  диаграмме.
51. Кинетика сушки. Построение кривых сушки и скорости сушки.

52. Расчет расхода воздуха и тепла на сушку. Основные конструкции сушильных установок.
53. Ректификация. Назначение процесса. Физические основы процесса. Основные законы. Аппараты для осуществления процесса и их расчет.
54. Экстракция. Сущность процесса. Экстракция из жидких и твердых тел. Массопередача при экстракции. Конструкция и расчет экстракторов.

#### **7.4 Темы курсовых проектов**

- Проект кожухотрубного теплообменного аппарата.
- Проект трубчатого теплообменного аппарата.
- Проект конденсатора поверхностного типа.
- Проект теплообменного аппарата емкостного типа.
- Проект пластинчатого пастеризационно-охладительного аппарата.
- Проект охлаждающего аппарата пластинчатого типа
- Проект вакуум-выпарного аппарата циркуляционного типа.
- Проект вакуум-выпарного аппарата пленочного типа.
- Проект распылительного сушильного аппарата.
- Проект барабанного сушильного аппарата.
- Проект сушильного аппарата в «кипящем» слое.

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **а) основная литература:**

- 1 **Гнездилова, Анна Ивановна.** Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс] : учебник и практикум для вузов / А. И. Гнездилова. - 2-е изд., пер. и доп. - Электрон.дан. - Москва : Юрайт, 2021. - 270 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей  
Внешняя ссылка: <https://urait.ru/bcode/471474>
2. **Процессы и аппараты** пищевой технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / [С. А. Бредихин, А. С. Бредихин, В. Г. Жуков, Ю. В. Космодемьянский] ; под ред. С. А. Бредихина. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 544 с. - (Учебники для вузов)( Специальная литература). - Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/168675>
3. **Юдаев, Василий Федорович.** Гидравлика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Юдаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Электрон.дан. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 423 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/catalog/document?id=372327>
4. **Сазанов, Игорь Иванович.** Гидравлика [Электронный ресурс] : учебник / И. И. Сазанов, А. Г. Схиртладзе, В. И. Иванов. - Электрон.дан. - М. : КУРС : ИНФРА-М, 2022. - 320 с. - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/catalog/document?id=387105>

#### **б) дополнительная литература:**

5. **Процессы и аппараты.** Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терехина. - 2-е изд., стер. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 440 с. -  
Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/163402>
6. **Уваров, М. Е.** Гидродинамика. Исследование течения жидкостей в трубопроводе [Электронный ресурс] : практикум / М. Е. Уваров. - Электрон.дан. - Москва : РТУ МИРЭА, 2020. - 66 с. - Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/167576>

**7.Процессы и аппараты** пищевых производств и биотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. М. Бородулин, М. Т. Шульбаева, Е. А. Сафонова, Е. А. Вагайцева. - 3-е изд., стер. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 292 с. - (Учебники для вузов)(Специальная литература). - Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/132259>

**8.Процессы и аппараты.** Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и теплообменных процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терехина. - 2-е изд., стер. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 440 с. - Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/163402>

**9.Алексеев, Г. В.** Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Н. И. Лукин. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 144 с. - Внешняя ссылка: <https://e.lanbook.com/book/167912>

**в) Перечень информационных технологий, используемых в обучении, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

**Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Windows XP / Microsoft Windows 7 Professional , Microsoft Office Professional 2003 / Microsoft Office Professional 2007 / Microsoft Office Professional 2010  
STATISTICA Advanced + QC 10 for Windows

**в т.ч. отечественное**

Astra Linux Special Edition РУСБ 10015-01 версии 1.6.

1С:Предприятие 8. Конфигурация, 1С: Бухгалтерия 8 (учебная версия)

Project Expert 7 (Tutorial) for Windows

СПС КонсультантПлюс

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный

**Свободно распространяемое лицензионное программное обеспечение:**

OpenOffice

LibreOffice

7-Zip

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

**в т.ч. отечественное**

Яндекс.Браузер

**Информационные справочные системы**

– Единое окно доступа к образовательным ресурсам – режим доступа:

<http://window.edu.ru/>

– ИПС «КонсультантПлюс» – режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

– Интерфакс - Центр раскрытия корпоративной информации (сервер раскрытия информации) – режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru/>

– Информационно-правовой портал ГАРАНТ.RU – режим доступа: <http://www.garant.ru/>

– Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» (web-версия) - режим доступ: <http://gtneham.ru/>

**Профессиональные базы данных**

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – режим доступа: <http://elibrary.ru>

- Научнометрическая база данных Scopus: база данных рефератов и цитирования – режим доступа: <https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>
- Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики – режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (Открытый доступ)
- Российская Академия Наук, открытый доступ к научным журналам – режим доступа: <http://www.ras.ru> (Открытый доступ)
- Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации – режим доступа: <http://mcs.ru/> (Открытый доступ)

#### **Электронные библиотечные системы:**

- Электронный библиотечный каталог Web ИРБИС – режим доступа: [https://molochnoe.ru/cgi-bin/irbis64r\\_14/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBNAM=STATIC&I21DBN=STATIC](https://molochnoe.ru/cgi-bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBNAM=STATIC&I21DBN=STATIC)
- ЭБС ЛАНЬ – режим доступа: <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС Znanium.com – режим доступа: <https://new.znanium.com/>
- ЭБС ЮРАЙТ – режим доступа: <https://urait.ru/>
- ЭБС POLPRED.COM: <http://www.polpred.com/>
- Электронная библиотека издательского центра «Академия»: <https://www.academia-moscow.ru/elibrary/> (коллекция СПО)
- ЭБС ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА – режим доступа: <https://molochnoe.ru/ebs/>

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Учебная аудитория 1115** для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: экран для проектора 1 шт., проектор - 1 шт., компьютер в комплекте - 1 шт.

**Лаборатория №1107**, оснащенная приборами и оборудованием:

- сепаратор-сливкоотделитель;
- установка для изучения процесса отстаивания;
- теплообменник типа "труба в трубе";
- конвективная сушилка;
- пароструйный насос;
- центробежный насос;
- психрометр МВ - 4М;
- счетчик воды ОАЖМ 209 001 ПС;
- теплообменные пластины для пластинчатого аппарата;
- калоризатор вакуум-выпарного аппарата;
- секундомер, штангенциркуль, мерные емкости.

**Учебная аудитория №1109.** Компьютерный класс, класс для самостоятельной работы студентов. Основное оборудование: экран для проектора 1 шт., проектор - 1 шт., компьютер в комплекте - 1 шт., 10 компьютеров с доступом в электронно-образовательную среду Академии, ЭБС и сети Интернет. В аудитории установлен курс виртуальных лабораторных работ:

- «Определение режимов течения жидкости»;
- «Построение напорной и пьезометрической линий для трубопроводов сопротивления»;
- «Изучение процесса перемешивания»;
- «Изучение процессов нагревания и рекуперации теплоты»;
- «Исследование работы двухкорпусной выпарной установки»;
- «Исследование процесса распылительной сушки».

Договор, бессрочно, авторизованный доступ: <http://www.labrab.ru/vgmh>.

## 10.Карта компетенций дисциплины

Процессы и аппараты пищевых производств с основами гидравлики (направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Профиль Машины и аппараты пищевых производств )					
Цель дисциплины		- сформировать у студентов знания о технологических процессах пищевых производств и аппаратах для их осуществления с учетом технических и экологических аспектов, а также практические навыки по подготовке к решению как конкретных производственных задач, так и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов пищевых производств.			
Задачи дисциплины		- формирование знаний об основных механических, гидромеханических, тепловых и массообменных процессах, протекающих в различных производствах; - формирование знаний по использованию современных методов исследования этих процессов; - формирование навыков по решению конкретных производственных задач и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов пищевых производств.			
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Общепрофессиональные компетенции					
Компетенции		Перечень компонентов (планируемые результаты обучения)	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
<b>ОПК-1</b>	Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	ИД-1 <small>ОПК-1</small> Знает основные понятия и методы математического анализа, основные законы физики, физические свойства неорганических и органических соединений ИД-2 <small>ОПК-1</small> Умеет использовать статистический аппарат и технические средства для обработки экспериментальных данных, законы физики и физические свойства неорганических и органических соединений для регулирования, управления и совершенствования технологических процессов применительно к выбранной специальности, грамотно интерпретировать полученные	Лекции  Лабораторные занятия Самостоятельная работа  Интерактивные занятия	Тестирование  Письменный контроль  Устный опрос	<p style="text-align: center;"><b>Пороговый (удовлетворительный)</b></p> Знает основные понятия и методы математического анализа, основные законы физики, физические свойства неорганических и органических соединений.  <p style="text-align: center;"><b>Продвинутый (хорошо)</b></p> Умеет использовать статистический аппарат и технические средства для обработки экспериментальных данных, законы физики и физические свойства

		<p>результаты ИД-3 <small>ОПК-1</small> Владеет способностью проводить анализ результатов обработки статистических данных и формулировать на его основе практически значимые выводы ИД-4 <small>ОПК-1</small> Владеет навыками планирования самостоятельной работы и методами лабораторных исследований, методами обобщения результатов при проведении теоретических и экспериментальных исследований</p>			<p>неорганических и органических соединений для регулирования, управления и совершенствования технологических процессов применительно к выбранной специальности, грамотно интерпретировать полученные результаты</p> <p><b>Высокий (отлично)</b> Владеет способностью проводить анализ результатов обработки статистических данных и формулировать на его основе практически значимые выводы, а также навыками планирования самостоятельной работы и методами лабораторных исследований, методами обобщения результатов при проведении теоретических и экспериментальных исследований.</p>
<b>ОПК-7</b>	<p>Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p>	<p>ИД-1 <small>ОПК-7</small> Знает современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов. ИД-2 <small>ОПК-7</small> Умеет применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении ИД-3 <small>ОПК-7</small> Владеет навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании технологического оборудования пищевой промышленности</p>	<p>Лекции</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Самостоятельная работа</p> <p>Интерактивные занятия</p>	<p>Тестирование</p> <p>Письменный контроль</p> <p>Устный опрос</p>	<p><b>Пороговый (удовлетворительный)</b> Знает современные экологические и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов.</p> <p><b>Продвинутый (хорошо)</b> Умеет применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>

					<p style="text-align: center;"><b>Высокий (отлично)</b></p> <p>Владет навыками рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании технологического оборудования пищевой промышленности.</p>
--	--	--	--	--	--

