

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

«30» мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты

(наименование в соответствии с РУП)

Направление подготовки (специальность)

15.03.02 Технологические машины и оборудование ==
(шифр и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль)

Инженерия техники пищевых технологий ==
(наименование профиля/специализации)

Квалификация выпускника

бакалавр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

1. Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 22 Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сфере внедрения и эксплуатации автоматизированного и роботизированного технологического оборудования).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов: производственно-технологический; организационно-управленческий; проектно-конструкторский.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД1 _{ОПК-1} – Применяет естественнонаучные знания и методы математического анализа в профессиональной деятельности
			ИД2 _{ОПК-1} – Применяет общеинженерные знания и методы математического моделирования в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-1} – Применяет естественнонаучные знания и методы математического анализа в профессиональной деятельности	Знает: основные физические законы и методы математического анализа, используемые в процессах и аппаратах пищевой промышленности
	Умеет: использовать физические законы и методы математического анализа при решении задач профессиональной деятельности в процессах и аппаратах пищевой промышленности
	Владеет: методиками применения основных физических законов и методов математического анализа при решении профессиональных задач в процессах и аппаратах пищевой промышленности
ИД2 _{ОПК-1} – Применяет общеинженерные знания и методы математического моделирования в профессиональной деятельности	Знает: основные положения процессов и аппаратов пищевой промышленности, методы их математического моделирования
	Умеет: использовать общеинженерные знания и методы математического моделирования при расчетах процессов и аппаратов пищевой промышленности
	Владеет: методиками расчета процессов и аппаратов пищевой промышленности с использованием общеинженерных знаний и методов математического моделирования

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к *обязательной части* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин *Компьютерная и инженерная графика, Химия, математика, Физика, Теоретическая механика, Учебная практика, ознакомительная практика.*

Дисциплина является предшествующей для изучения *Производственная практика, преддипломная практика.*

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	252	108	144
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	89,95	30,85	59,1
Лекции	33	15	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные занятия	33	15	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия	18	-	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Консультации текущие	1,65	0,75	0,9
Консультирование и прием курсового проекта	2		2
Консультации перед экзаменом	2		2
<i>Вид аттестации (зачет/экзамен)</i>	0,3	0,1	0,2
Самостоятельная работа:	128,25	77,15	51,1
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	30,7	25,7	5
Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	30,8	25,7	5,1
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	30,75	25,75	5
Курсовой проект (выполнение расчетов, чертежа общего вида аппарата ф. А1, оформление, защита)	36		36
Подготовка к экзамену (контроль)	33,8		33,8

5 Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, ак.ч
3 семестр			
1	Введение	Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов. Значение информации о современных процессах и аппаратах для развития пищевой промышленности: современные задачи и тенденции развития, общие научные принципы анализа и расчета процессов и аппаратов, базирующиеся на знании основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	5,15
2	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах	Методы математического анализа: дифференциальное и интегральное исчисления в процессах и аппаратах. Методы математического моделирования процессов и аппаратов: принципы построения моделей; этапы построения моделей; классы методов математического моделирования. Применение теории подобия при исследовании процессов и аппаратов.	13

		Инварианты и константы подобия. Физическое подобие. Три теоремы подобия и их практическое значение. Методы анализа размерностей.	
3	Гидравлические процессы	<p>Жидкие технологические среды, как объект исследования. Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Сила давления. Относительный покой жидкости.</p> <p>Гидродинамика. Методы описания движения жидкости. Виды движения и их классификация. Кинематические характеристики движения жидкости. Уравнения неразрывности для жидкости и газов. Дифференциальные уравнения движения реальной и идеальной жидкостей. Характеристическое уравнение. Интеграл Бернулли, его энергетический смысл. Уравнение Бернулли и его геометрический смысл. Практическое приложение уравнения Бернулли. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный и турбулентный. Точное решение дифференциальных уравнений Навье-Стокса для движения жидкости в цилиндрической трубе круглого сечения. Коэффициент сопротивления при ламинарном движении. Турбулентное движение. Структура турбулентного потока. Характер и виды потерь энергии при турбулентном течении. Местные сопротивления.</p> <p>Гидравлические машины. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки. Способы регулирования работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.</p>	53
	<i>Консультации текущие</i>		0,75
	<i>Зачет</i>		0,1
4 семестр			
4	Механические процессы	Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	4
5	Гидромеханические процессы и аппараты	<p>Роль гидромеханических процессов в пищевой промышленности. Классификация гидромеханических процессов. Сопротивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание. Движение жидкостей через зернистые и пористые слои. Псевдоожижение. Фильтрация суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Разделение неоднородных сред в циклонах. Перемешивание. Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Пневматическое, циркуляционное и другие виды перемешивания.</p>	32
6	Тепловые	Значение процессов теплообмена в пищевой	31

	процессы аппараты и	<p>промышленности. Виды переноса тепла, их характеристики. Основы теплопередачи. Уравнение теплопроводности. Конвекция и теплоотдача.</p> <p>Основы подобия тепловых процессов. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при переменных температурах теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в технологической аппаратуре. Теплообменные аппараты. Схема расчета теплообменников.</p> <p>Выпаривание. Физическая сущность процесса. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы для выпарной установки. Общая и полезная разность температур. Тепловые потери в установках. Определение расхода греющего пара и поверхности теплообмена. Многократное выпаривание. Сущность и преимущества многократного выпаривания.</p>	
7	Массообменные процессы аппараты и	<p>Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз. Законы фазового равновесия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Направление процессов массопереноса, их обратимость. Молекулярная и турбулентная диффузия. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Критерии диффузионного подобия. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи и их выражения. Средняя движущая сила процессов массопередачи. Общие методы интенсификации процесса массопередачи. Абсорбция.</p> <p>Особенности массопередачи в системах с твердой фазой. Механизмы переноса в твердых телах, нестационарность массопереноса в твердых телах. Способы массопередачи в системах с твердой фазой. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>Общая характеристика процессов кристаллизации из растворов и расплавов. Материальный и тепловой балансы кристаллизатора. Кинетика процесса кристаллизации. Скорость роста кристаллов. Диффузионное сопротивление и сопротивление, обусловленное кристаллохимической реакцией на поверхности. Движущая сила процесса. Пути интенсификации процесса.</p> <p>Общая характеристика процесса сушки. Общая схема конвективной сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Действительная и теоретическая сушки. Кинетика процесса сушки. Формы связи влаги с материалом. Движущая сила процесса. Критическая и равновесная влажность материала. Кривые кинетики сушки. Продолжительность первого и второго периода сушки. Классификация и конструкции сушилок.</p>	38,1
	Консультации текущие		0,9
	Консультирование и прием курсового проекта		2

	Проведение консультаций перед экзаменом	2
	Экзамен	0,2

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	ЛР, ак. ч	ПЗ, ак. ч	СРО, ак. ч
3 семестр					
1	Введение	1			4,15
2	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах	3			10
3	Гидравлические процессы	11	15		27
Консультации текущие			0,75		
Зачет			0,1		
4 семестр					
4	Механические процессы	2			2
5	Гидромеханические процессы и аппараты	5	4	6	17
6	Тепловые процессы и аппараты	5	4	6	16
7	Массообменные процессы и аппараты	6	10	6	16,1
Консультации текущие			0,9		
Консультирование и прием курсового проекта			2		
Проведение консультаций перед экзаменом			2		
Экзамен			0,2		

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
3 семестр			
1	Введение	Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов. Значение информации о современных процессах и аппаратах для развития пищевой промышленности: современные задачи и тенденции развития, общие научные принципы анализа и расчета процессов и аппаратов, базирующиеся на знании основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	1
2	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах	Методы математического анализа: дифференциальное и интегральное исчисления в процессах и аппаратах. Методы математического моделирования процессов и аппаратов: принципы построения моделей; этапы построения моделей; классы методов математического моделирования. Применение теории подобия при исследовании процессов и аппаратов. Инварианты и константы подобия. Физическое подобие. Три теоремы подобия и их практическое значение. Методы анализа размерностей.	3
3	Гидравлические процессы	Жидкие технологические среды, как объект исследования. Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Сила давления. Относительный покой жидкости. Гидродинамика. Методы описания движения жидкости. Виды движения и их классификация. Кинематические характеристики движения жидкости.	11

		<p>Уравнения неразрывности для жидкости и газов. Дифференциальные уравнения движения реальной и идеальной жидкостей. Характеристическое уравнение. Интеграл Бернулли, его энергетический смысл. Уравнение Бернулли и его геометрический смысл. Практическое приложение уравнения Бернулли. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный и турбулентный. Точное решение дифференциальных уравнений Навье-Стокса для движения жидкости в цилиндрической трубе круглого сечения. Коэффициент сопротивления при ламинарном движении. Турбулентное движение. Структура турбулентного потока. Характер и виды потерь энергии при турбулентном течении. Местные сопротивления. Гидравлические машины. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки. Способы регулирования работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.</p>	
4 семестр			
4	Механические процессы	Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	2
5	Гидромеханические процессы и аппараты	<p>Роль гидромеханических процессов в пищевой промышленности. Классификация гидромеханических процессов. Сопротивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание. Движение жидкостей через зернистые и пористые слои. Псевдооживление. Фильтрация суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Разделение неоднородных сред в циклонах. Перемешивание. Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Пневматическое, циркуляционное и другие виды перемешивания.</p>	5
6	Тепловые процессы и аппараты	<p>Значение процессов теплообмена в пищевой промышленности. Виды переноса тепла, их характеристики. Основы теплопередачи. Уравнение теплопроводности. Конвекция и теплоотдача. Основы подобия тепловых процессов. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при переменных температурах теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в технологической аппаратуре. Теплообменные аппараты. Схема расчета теплообменников. Выпаривание. Физическая сущность процесса. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой</p>	5

		балансы для выпарной установки. Общая и полезная разность температур. Тепловые потери в установках. Определение расхода греющего пара и поверхности теплообмена. Многократное выпаривание. Сущность и преимущества многократного выпаривания.	
7	Массообменные процессы и аппараты	<p>Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз. Законы фазового равновесия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Направление процессов массопереноса, их обратимость. Молекулярная и турбулентная диффузия. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Критерии диффузионного подобия. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи и их выражения. Средняя движущая сила процессов массопередачи. Общие методы интенсификации процесса массопередачи. Абсорбция.</p> <p>Особенности массопередачи в системах с твердой фазой. Механизмы переноса в твердых телах, нестационарность массопереноса в твердых телах. Способы массопередачи в системах с твердой фазой. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Пути интенсификации массообменных процессов. Общая характеристика процессов кристаллизации из растворов и расплавов. Материальный и тепловой балансы кристаллизатора. Кинетика процесса кристаллизации. Скорость роста кристаллов. Диффузионное сопротивление и сопротивление, обусловленное кристаллохимической реакцией на поверхности. Движущая сила процесса. Пути интенсификации процесса.</p> <p>Общая характеристика процесса сушки. Общая схема конвективной сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Действительная и теоретическая сушки. Кинетика процесса сушки. Формы связи влаги с материалом. Движущая сила процесса. Критическая и равновесная влажность материала. Кривые кинетики сушки. Продолжительность первого и второго периода сушки. Классификация и конструкции сушилок.</p>	6

5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ак. ч
4 семестр			
5	Гидромеханические процессы и аппараты	Расчет элементов математической модели отстойника	2
		Расчет элементов математической модели барабанного вакуум-фильтра	2
		Расчет элементов математической модели центрифуг	2
6	Тепловые процессы и аппараты	Расчет элементов математической модели теплообменника типа «труба в трубе»	2
		Расчет элементов математической модели кожухотрубчатого теплообменника	2
		Расчет элементов математической модели выпарного аппарата	2
7	Массообменные	Расчет элементов математической модели абсорбера	2

	процессы и аппараты	Расчет элементов математической модели ректификационных колонн	2
		Расчет элементов математической модели конвективных сушилок	2

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
3 семестр			
1.	Введение		
2.	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах		
3.	Гидравлические процессы	Относительный покой жидкости в равномерно вращающемся вокруг вертикальной оси цилиндрическом сосуде	2
		Изучение режимов движения жидкости	2
		Материальный и энергетический балансы потока	7
		Испытание центробежно-вихревого насоса	4
4 семестр			
4.	Механические процессы		
5.	Гидромеханические процессы и аппараты	Осаждение под действием силы тяжести	2
		Определение констант процесса фильтрования	2
6.	Тепловые процессы и аппараты	Исследование процесса теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе»	4
7.	Массообменные процессы и аппараты	Изучение процесса абсорбции углекислого газа водой в аппарате с механическим перемешиванием	4
		Изучение кинетики процесса конвективной сушки	4
		Экспериментальная проверка дифференциального уравнения простой перегонки	2

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
3 семестр			
1.	Введение	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник)	7,15
2.	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	10
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	5
3.	Гидравлические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	60
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	15
		Задачи (лекции, учебник, лабораторные работы)	15
		Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы)	15
4 семестр			
4.	Механические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник)	2
		Тест (лекции, учебник)	1
5.	Гидромеханические процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	17
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	1,5

		Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Задачи (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Курсовой проект	1 1,5 12
6.	Тепловые процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	16 2 2 12
7.	Массообменные процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	16,1 2 2,1 12

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Бакин, И. А. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / И. А. Бакин, В. Н. Иванец. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 235 с. — ISBN 978-5-8353-2598-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156113>

2. Расчет и проектирование массообменных аппаратов : учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, О. В. Абрамов, А. В. Логинов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1672-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211802>

3. Процессы и аппараты (основы механики жидкости и газа) [Текст] : практикум : учебное пособие / А. Н. Остриков [и др.]; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 231 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/4458>

6.2 Дополнительная литература

1. Расчет и проектирование теплообменников : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; Под редакцией профессора А. Н. Острикова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-7769-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/180777>

2. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105992>

3. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование аппаратов для механических и гидромеханических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова, А.В. Терёхина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : , 2018. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105819>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Остриков, А.Н. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам: учебное пособие / А.Н. Остриков, А.В. Логинов, Л.Н. Ананьева [и др.] – Воронеж: ВГУИТ (Воронежский государственный университет инженерных технологий), 2012. – 281 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5820>

Процессы и аппараты (основы механики жидкости и газа) [Текст] : практикум : учебное пособие / А. Н. Остриков [и др.]; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 231 с. Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=488017>

Материалы педагогической диагностики по дисциплине «Процессы и аппараты» : учебное пособие : / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, И. С. Наумченко [и др.] ; науч. ред. А. Н. Остриков. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 342 с. – Режим доступа: по подписке. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601617>

Расчет и проектирование массообменных аппаратов: Учебное пособие/Под научной ред. Профессора А.Н. Острикова. – СПб.: Издательство «Лань» - 2015. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/56170>

Расчет и проектирование теплообменников : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; Под редакцией профессора А. Н. Острикова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-7769-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/180777>

Остриков, А.Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105992> .

Процессы и аппараты химических и пищевых производств. Массообменные процессы [Электронный ресурс]: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов очной и заочной формы обучения / Остриков, А. Н., Смирных, А. А., Слюсарев, М. И., Болгова, И. Н.; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2014. - 36 с.

Режим доступа: <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/584>

Процессы и аппараты химических и пищевых производств. Тепловые процессы [Электронный ресурс]: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов очной и заочной формы обучения / Остриков, А. Н., Смирных, А. А., Слюсарев, М. И., Болгова, И. Н.; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2014. - 32 с.

Режим доступа: <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/585>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	https://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Образовательная платформа «Юрайт»	https://urait.ru/
ЭБС «Лань»	https://e.lanbook.com/
АИБС «МегаПро»	https://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	http://minobrnauki.gov.ru
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	http://education.vsuet.ru

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

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
-----------	---

Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <https://vsuet.ru>.

Для проведения учебных занятий (лабораторных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) используются учебные аудитории:

Учебная аудитория № 111 для проведения учебных занятий	Комплект мебели для учебного процесса. Лабораторные установки: «Абсорбция углекислого газа водой», «Расход мощности на перемешивание», Установки для изучения гидродинамики потоков жидкости и газов: «Гидродинамика зернистого слоя», «Гидродинамика колпачковой тарелки», «Осаждение, витание и унос твердой частицы в жидкой среде», «Осаждение твердых частиц в жидкой среде», «Определение констант процесса фильтрования», «Барабанный вакуум-фильтр», «Простая перегонка», «Исследование теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе»», Стенд колонных аппаратов. Переносное оборудование: мультимедийный проектор NEC NP 100; Ноутбук Rover Book W 500L; экран.
Учебная аудитория № 115 для проведения учебных занятий	Комплект мебели для учебного процесса. Лабораторные установки: Изучение режимов движения жидкости, Относительный покой жидкости во вращающемся вокруг цилиндрической оси цилиндрическом сосуде, Испытание вакуум-насоса, Испытание центробежного вентилятора, Испытание центробежно-вихревого насоса, Нормальные испытание центробежного насоса, Стенд Бернулли, учебно-наглядные пособия по тематическим разделам. Учебно-лабораторные комплексы: Исследование гидродинамики жидкости; Исследование параметров работы насосов. Переносное оборудование: мультимедийный проектор NEC NP 100; Ноутбук Rover Book W 500L; экран.
Учебная аудитория № 117 для проведения учебных занятий	Комплект мебели для учебного процесса. Макет вакуум-выпарной установки с выносной греющей камерой. Макет массообменного аппарата. Стенды: «Трехкорпусная вакуум-выпарная установка», «Ректификационная установка непрерывного действия», «Основные виды фильтровальных материалов», «Используемые виды насадок в массообменных

	аппаратах», «Различные виды контактных устройств массообменных аппаратов». Переносное оборудование: мультимедийный проектор NEC NP 100; Ноутбук Rover Book W 500L; экран.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся, ауд. № 113	Учебно-наглядные пособия по курсовому проектированию. Компьютеры: Celeron 2.8 ГГц, Intel Celeron-120, Pent-5-200. Мониторы: Samtron 56e, LCD TFT Samsung, ASUS VW193D BK. Клавиатура (3 шт.). Мышь (3 шт.)

Дополнительно самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Читальные залы ресурсного центра ВГУИТ	Компьютеры (30 шт.) со свободным доступом в сеть Интернет и Электронным библиотечным и информационно-справочным системам
--	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной или заочной форм обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		4	5
	акад.	акад.	акад.
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Контактная работа, <i>в т.ч. аудиторные занятия:</i>	35,1	15,5	19,6
Лекции	8	4	4
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы	16	10	6
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия	4	-	4
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Консультации текущие	1,2	0,6	0,6
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	1,6	0,8	0,8
Консультирование и прием курсового проекта	2	-	2
Проведение консультаций перед экзаменом	2	0	2
Виды аттестации (зачет/экзамен)	0,3	0,1	0,2
Самостоятельная работа:	206,2	88,6	117,6
Контрольные работы	18,4	9,2/1	9,2/1
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	8	4	4
Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	119,8	65,4	54,4
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	20	10	10
Курсовой проект (выполнение расчетов, чертежа общего вида аппарата ф. А1, оформление, защита)	40	0	40
Подготовка к зачету/экзамену (контроль)	10,7	3,9	6,8

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД1 _{опк-1} – Применяет естественнонаучные знания и методы математического анализа в профессиональной деятельности
			ИД2 _{опк-1} – Применяет общеинженерные знания и методы математического моделирования в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{опк-1} – Применяет естественнонаучные знания и методы математического анализа в профессиональной деятельности	Знает: основные физические законы и методы математического анализа, используемые в процессах и аппаратах
	Умеет: использовать физические законы и методы математического анализа при решении задач профессиональной деятельности в процессах и аппаратах
	Владеет: методиками применения основных физических законов и методов математического анализа при решении профессиональных задач в процессах и аппаратах
ИД2 _{опк-1} – Применяет общеинженерные знания и методы математического моделирования в профессиональной деятельности	Знает: основные положения процессов и аппаратов, методы их математического моделирования
	Умеет: использовать общеинженерные знания и методы математического моделирования при расчетах процессов и аппаратов
	Владеет: методиками расчета процессов и аппаратов с использованием общеинженерных знаний и методов математического моделирования

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение	ОПК-1	Банк тестовых заданий	23-26	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	80-81	Контроль преподавателем
2	Методы математического анализа и математического моделирования в процессах и аппаратах	ОПК-1	Банк тестовых заданий	6, 20-22, 30	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	82-84	Контроль преподавателем
3	Гидравлические процессы	ОПК-1	Банк тестовых заданий	1-5, 18-19	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	85-96	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	44-55	Защита лабораторных работ
			Ситуационные задания	36	Проверка преподавателем
			Задачи	125-129	Проверка преподавателем
4	Гидромеханические процессы и аппараты	ОПК-1	Банк тестовых заданий	7-12, 31	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету)	97-101	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	56-60	Защита лабораторных работ
			Ситуационные задания	37-39	Проверка преподавателем
5	Тепловые процессы и аппараты	ОПК-1	Банк тестовых заданий	13-15, 27, 32	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к экзамену)	102-104	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	61-64	Защита лабораторных работ
			Ситуационные задания	40-41	Проверка преподавателем
6	Массообменные процессы	ОПК-1	Курсовой проект	114-120	Проверка преподавателем
			Банк тестовых заданий	16-17, 28-29, 33-35	Бланочное или компьютерное тестирование

и аппараты	<i>Собеседование (вопросы к экзамену)</i>	105-113	Контроль преподавателем
	<i>Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)</i>	65-76	Защита лабораторных работ
	<i>Ситуационные задания</i>	42-43	Проверка преподавателем
	<i>Курсовой проект</i>	121-124	Проверка преподавателем

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

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

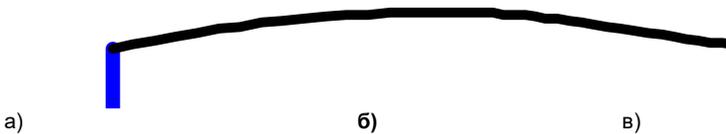
Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования, и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета, экзамена).

Каждый вариант теста включает 20 контрольных заданий, из них:

- 8 контрольных заданий на проверку знаний;
- 8 контрольных заданий на проверку умений;
- 4 контрольных задания на проверку навыков.

3.1 Тесты (тестовые задания)

3.1.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

№ задания	Тестовое задание
А (на выбор одного правильного ответа)	
1	<p>Чему равно абсолютное давление в открытом резервуаре на глубине 5 м?</p> <p>1) 5 ат 2) 50 ат 3) 1,5 ат 4) 0,5 ат</p>
2	<p>В открытом сосуде находится жидкость с плотностью $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Манометр, присоединенный в некоторой точке сосуда, показывает давление $p = 5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. На какой высоте над данной точкой находится уровень жидкости в резервуаре?</p> <p>1) 1,5 м 2) 0,5 м 3) 15 м 4) 5 м</p>
3	<p>Найти критическую скорость в прямой круглой трубе $d = 0,020 \text{ м}$ для воздуха, если его динамический коэффициент вязкости и плотность соответственно равны $\mu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.</p> <p>1) 8,3 м/с 2) 1,9 м/с 3) 3,3 м/с 4) 2,3 м/с</p>
4	<p>Какой закон механики выражает уравнение Бернулли?</p> <p>1) Закон сохранения количества движения 2) Второй закон Ньютона 3) Закон сохранения энергии 4) Закон сохранения материи</p>
5	<p>Насос подает масло с расходом 2 л/с на высоту 60 м. Потери напора составляют 42 м. Оба резервуара открыты, КПД насоса равен 0,6. Плотность масла $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. Чему равна мощность на валу насоса?</p> <p>1) 30 кВт 2) 3 кВт 3) 1,77 кВт 4) 1,24 кВт</p>
6	<p>Модель гидродинамической обстановки относится к</p> <p>А) моделям прогноза Б) оптимизационным моделям В) стационарным моделям</p>
7	<p>Псевдооживленный слой</p> 
8	<p>Каким образом можно увеличить производительность проектируемого отстойника</p> <p>а) увеличивая площадь отстойника в плане; б) увеличивая объем отстойника; в) увеличивая высоту отстойника; г) увеличивая скорость осаждения частиц и площадь отстойника в плане</p>
9	<p>Начало псевдооживления наступает при</p> <p>а) равенстве силы гидравлического сопротивления слоя весу всех его частиц; б) условию, что вес отдельной частицы уравнивается силой сопротивления, возникающей при обтекании частицы потоком; в) условию, что вес всех частиц больше гидравлического сопротивления слоя; г) условию, что вес всех частиц меньше гидравлического сопротивления слоя</p>
10	<p>Основным технологическим показателем фильтровальных перегородок являются</p> <p>а) площадь; б) толщина; в) задерживающая способность; г) внешний вид</p>
11	<p>Укажите основное дифференциальное уравнение математической модели фильтрования, если ΔP – разность давлений, R_{oc}, R_{ϕ} – сопротивления осадка и фильтровальной перегородки, V – объем фильтрата, S – площадь поверхности фильтрования, τ – продолжительности фильтрования.</p> <p>а) $\Delta P = \mu (R_{oc} + R_{\phi}) \frac{dV}{d\tau}$; б) $\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{oc} - R_{\phi})}$; в) $\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{oc} + R_{\phi})}$; г) $\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{oc} + R_{\phi})}$.</p> <p>г</p>
12	<p>По какой из формул при моделировании процесса перемешивания рассчитывают мощность, потребляемую мешалкой</p>

3.2 Ситуационные задания

3.2.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Номер вопроса	Текст задания						
36	<p>Ситуация. В цехе, где вы работаете, необходимо увеличить производительность. Центробежный насос подает сырье в количестве 20 м³/ч, создавая напор 50 м. Полный КПД насоса $\eta = 0,8$.</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению производительности насоса</p>						
	<p>Ответ: Производительность насоса – количество жидкости, подаваемое насосом в напорные трубопровод в единицу времени. Для увеличения производительности насоса можно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить число оборотов рабочего колеса насоса, исходя из законов пропорциональности $Q_1/Q_2=n_1/n_2$. 2. Снизить гидравлическое сопротивление в напорном трубопроводе. Для этого открыть полностью задвижку на напорном трубопроводе, увеличить диаметр напорного трубопровода, однако диаметр напорного трубопровода должен быть меньше диаметра всасывающего трубопровода. 3. Подключить два насоса параллельно. 						
37	<p>Ситуация. Вы работаете мастером на очистных сооружениях, необходимо провести реконструкцию с целью увеличения производительности отстойников.</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению производительности отстойников</p>						
	<p>Ответ: Производительность отстойника зависит от скорости осаждения и площади отстойника. Для увеличения производительности отстойника можно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить размер осаждаемых частиц, добавляя растворы ПАВ. Чем крупнее частицы, тем больше их скорость осаждения. 2. Перед отстойником суспензию надо подогреть для снижения вязкости среды. Скорость осаждения обратно пропорциональна вязкости. 3. Для увеличения поверхности осаждения установить многоярусные отстойники.. 						
38	<p>Ситуация. Вы работаете на станции фильтрования сахарного завода, необходимо увеличить скорость фильтрования с целью повышения производительности (фильтрование ведется при постоянном перепаде давления).</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению производительности фильтров</p>						
	<p>Ответ: Повысить производительность фильтра можно, увеличив поверхность фильтрования и скорость фильтрования.</p> <p>Для увеличения скорости фильтрования надо:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить движущую силу процесса (ΔP – перепад давлений на фильтровальной перегородке) либо повышая избыточное давление над фильтровальной перегородкой, либо создавая вакуум под ней. 2. Перед фильтром суспензию надо подогреть для снижения вязкости среды. 3. Осадок необходимо удалять с фильтровальной перегородки для снижения сопротивления. 4. Использовать фильтровальную перегородку с меньшим сопротивлением. 						
39	<p>Ситуация. Вы работаете на сахарном заводе. Процесс перемешивания сахарного раствора имеет низкую интенсивность.</p> <p>Задание: Предложить мероприятия по интенсификации процесса перемешивания сахаросодержащих растворов.</p>						
	<p>Ответ: Повысить интенсивность механического перемешивания сахаросодержащих растворов возможно следующими способами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить вязкость перемешиваемого раствора, тем самым уменьшить сопротивление среды вращению мешалки. С этой целью используют аппараты с тепловой рубашкой. 2. Увеличить скорость вращения мешалки. Для предотвращения образования воронки вокруг вала в аппарат помещают отражательные перегородки, которые, кроме того, способствуют возникновению дополнительных вихрей и увеличению турбулентности. 3. С целью увеличения турбулентности среды при перемешивании используют многоярусные мешалки (лопастные, турбинные). 4. Для улучшения перемешивания больших объемов в сосудах с пропеллерными мешалками устанавливают диффузоры. 						
40	<p>Ситуация. Вы работаете на сахарном заводе, для подогрева жомопресованной воды перед поступлением в отстойник используется вертикальный кожухотрубчатый теплообменник. За 5 мин вода должна нагреваться от 35 до 85 °С. Сейчас за пять минут вода нагревается от 35 до 60 °С.</p> <p>Задание: Установить причину данного происшествия и предложить ряд мероприятий по предотвращению подобных ситуаций.</p>						
	<p>Ответ: Жомопресованная вода не нагревается до заданной температуры в кожухотрубчатом теплообменнике по следующим причинам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхность теплообмена загрязнена. Необходимо очистить поверхность от загрязнений и снизить термическое сопротивление стенки. 2. Низкая скорость движения воды в трубках. Следует увеличить расход воды или установить перегородки в крышке или днище теплообменника. 3. Низкое давление и температура пара в межтрубном пространстве теплообменника. Для увеличения коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве повысить давление пара и удалить неконденсирующиеся газы (воздух). 						
41	<p>Ситуация. В цехе работает (по прямоточной схеме) воздухоподогреватель, в котором нагревается воздух от температуры $t_1' = 20$ °С до $t_2' = 210$ °С горячими газами, которые охлаждаются от температуры $t_1 = 410$ °С до температуры $t_2 = 250$ °С.</p> <p>Задание. Определить средний температурный напор между воздухом и газом и предложить мероприятия по его увеличению.</p>						
	<p>Ответ: Средний температурный напор между газом и воздухом при прямотоке</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">410°C</td> <td style="padding: 0 10px;">газ</td> <td style="padding: 0 10px;">250°C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">20°C</td> <td style="padding: 0 10px;">воздух</td> <td style="padding: 0 10px;">210°C</td> </tr> </table>	410°C	газ	250°C	20°C	воздух	210°C
410°C	газ	250°C					
20°C	воздух	210°C					

	$\Delta t_{\bar{o}} = 410 - 20 = 390^{\circ}C$ $\Delta t_{\bar{m}} = 250 - 210 = 40^{\circ}C$ $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{390}{40} = 9,75 > 2$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}} = \frac{390 - 40}{\ln 9,75} = 153,7^{\circ}C$ <p>Средний температурный напор между газом и воздухом при противотоке</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">410°C</td> <td style="text-align: center;">газ</td> <td style="text-align: center;">250°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">210°C</td> <td style="text-align: center;">воздух</td> <td style="text-align: center;">20°C</td> </tr> </table> $\Delta t_{\bar{o}} = 250 - 20 = 230^{\circ}C$ $\Delta t_{\bar{m}} = 410 - 210 = 200^{\circ}C$ $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{230}{200} = 1,15 < 2$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_{\bar{m}}}{2} = \frac{230 + 200}{2} = 215^{\circ}C$ <p>Т.к. Δt_{cp} при противотоке больше, чем при прямотоке, следовательно противоточная схема движения теплоносителей более эффективна. Необходимо изменить направление движения одного из теплоносителей.</p>	410°C	газ	250°C	210°C	воздух	20°C
410°C	газ	250°C					
210°C	воздух	20°C					
42	<p>Ситуация. Вы работаете на предприятии по производству азотной кислоты оператором абсорбционной колонны. Перед Вами поставлена задача интенсифицировать процесс.</p> <p>Задание. Предложите мероприятия по интенсификации процесса абсорбции аммиака водой.</p> <p>Ответ: Для интенсификации процесса абсорбции аммиака водой возможно провести следующие мероприятия:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить температуру воды. 2. Повысить парциальное давление аммиака в газовой смеси. 3. обеспечить наиболее эффективный гидродинамический режим работы абсорбера для создания развитой поверхности контакта фаз между водой и аммиаком (зависит от скорости газа в аппарате). 						
43	<p>Ситуация. Выработаете главным инженером на хлебоприемном пункте. Вам поручили приобрести новую зерносушильную установку.</p> <p>Задание: Подобрать возможные конструкции сушилок, пояснить их достоинства и недостатки.</p> <p>Ответ: Для высушивания зерновых материалов возможно использование барабанных сушилок и сушилок с кипящим (псевдооживленным) слоем.</p> <p>Достоинства указанных сушилок:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивная и равномерная сушка вследствие развитой поверхности контакта материала и сушильного агента (воздуха). 2. Большое напряжение по влаге. 3. Компактность установки. 4. В сушилках с кипящим слоем возможна сушка при высоких температурах вследствие кратковременности контакта. 5. Высокая степень использования тепла сушильного агента. <p>Недостатки таких сушилок:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Истирание и значительный унос мелких частиц. 2. Высокое гидравлическое сопротивление в сушилках с кипящим слоем. 3. Сушилки с кипящим слоем непригодны для сушки материала с большим размером частиц. 						

3.3 Собеседование (вопросы к лабораторным работам)

3.3.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Номер вопроса	Текст задания
44	Что такое относительное равновесие (покой) жидкости?
45	Что такое избыточное и абсолютное давление?
46	Что такое ламинарный режим движения? Его особенности.
47	Что такое турбулентный режим движения? Его особенности.
48	Что такое число Рейнольдса и его физический смысл?
49	Что такое критическое число Рейнольдса?
50	Как определить потери напора на трение?
51	Что такое местные сопротивления? Коэффициент местного гидравлического сопротивления. Формула Вейсбаха.
52	По какой формуле рассчитываются местные потери энергии?
53	Каково устройство и принцип действия лопастных насосов?

54	Рабочие характеристики лопастных насосов.
55	Как определить напор действующего насоса?
56	Определение скорости осаждения расчетным путем
57	Факторы, влияющие на скорость осаждения. Методы интенсификации процесса осаждения
58	Экспериментальное определение порозности осадка при фильтровании
59	Дифференциальное уравнение процесса фильтрования при постоянном перепаде давления и его решение
60	Движущая сила фильтрования
61	Схемы движения теплоносителей. Определение среднего температурного напора
62	Расчет коэффициента теплопередачи
63	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах
64	Основное уравнение теплопередачи. Анализ уравнения
65	Сопrotивление орошаемых тарелок
66	Характер барботажа при изменении расхода газа через тарелку
67	Гидродинамические режимы работы тарелок
68	Измерение расхода воздуха в колонне
69	Интенсификация процесса абсорбции
70	Движущая сила процессов массопередачи
71	Рабочая линия и материальный баланс абсорбции
72	Определение продолжительности процесса сушки, расчетные уравнения
73	Кривая сушки, ее построение
74	Построение кривой скорости сушки, сущность метода графического дифференцирования
75	Характеристика двух периодов сушки, критическая влажность материала
76	Формы связи влаги с материалом. Характер удаления влаги из материала

3.4 Собеседование (вопросы к зачету, к экзамену)

3.4.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Номер вопроса	Текст задания
80	Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов.
81	Значение информации о современных процессах и аппаратах для развития пищевой промышленности: современные задачи и тенденции развития, общие научные принципы анализа и расчета процессов и аппаратов, базирующиеся на знании основных положений, законов и методов естественных наук и математики.
82	Методы математического анализа: дифференциальное и интегральное исчисления в процессах и аппаратах.
83	Методы математического моделирования процессов и аппаратов: принципы построения моделей; этапы построения моделей; классы методов математического моделирования.
84	Применение теории подобия при исследовании процессов и аппаратов. Физическое подобие. Три теоремы подобия и их практическое значение. Метод анализа размерностей.
85	Жидкие технологические среды, как объект исследования.
86	Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Сила давления.
87	Гидродинамика. Методы описания движения жидкости. Виды движения и их классификация
88	Кинематические характеристики движения жидкости. Уравнения неразрывности для жидкости и газов.
89	Дифференциальные уравнения движения реальной и идеальной жидкостей. Характеристическое уравнение.
90	Интеграл Бернулли, его энергетический смысл. Уравнение Бернулли и его геометрический смысл. Практическое приложение уравнения Бернулли.
91	Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный и турбулентный. Коэффициент сопротивления при ламинарном движении.
92	Турбулентное движение. Структура турбулентного потока. Характер и виды потерь энергии при турбулентном течении. Местные сопротивления.
93	Гидравлические машины. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов.
94	Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки.
95	Способы регулирования работы динамического насоса на сеть.
96	Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов
97	Роль гидромеханических процессов в пищевой промышленности. Классификация гидромеханических процессов.
98	Сопrotивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание.
99	Движение жидкостей через зернистые и пористые слои. Псевдооживление.
100	Фильтрование суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Разделение неоднородных сред в циклонах.
101	Перемешивание. Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Пневматическое, циркуляционное и другие виды перемешивания.
102	Значение процессов теплообмена в пищевой промышленности. Виды переноса тепла, их характеристики. Основы теплопередачи.
103	Уравнение теплопроводности. Конвекция и теплоотдача. Основы подобия тепловых процессов.
104	Промышленные способы подвода и отвода теплоты в технологической аппаратуре. Теплообменные аппараты. Схема расчета теплообменников.
105	Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз. Законы фазового равновесия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Направление процессов массопереноса, их обратимость.
106	Молекулярная и турбулентная диффузия. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Критерии диффузионного подобия.
107	Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи и их выражения. Средняя движущая сила процессов массопередачи. Общие методы интенсификации процесса массопередачи. Абсорбция.
108	Особенности массопередачи в системах с твердой фазой. Механизмы переноса в твердых телах, нестационарность массопереноса в твердых телах.
109	Способы массопередачи в системах с твердой фазой. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Пути интенсификации массообменных процессов.
110	Общая характеристика процесса сушки. Общая схема конвективной сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Действительная и теоретическая сушки

111	Кинетика процесса сушки. Формы связи влаги с материалом. Движущая сила процесса. Критическая и равновесная влажность материала.
112	Кривые кинетики сушки. Продолжительность первого и второго периода сушки.
113	Классификация и конструкции сушилок.

3.5 Курсовой проект

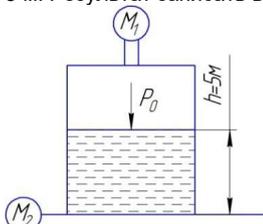
3.5.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Примерная тематика курсового проекта

Номер	Тематика курсового проекта
114	Рассчитать и спроектировать вертикальный многоходовой подогреватель для сахарного раствора в схеме свеклосахарного производства
115	Рассчитать и спроектировать конденсатор-холодильник для паров спирта, обеспечивающего работу брагоперегонного аппарата
116	Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат для нагревания воды в схеме станции непрерывного замачивания кукурузного зерна производства крахмала
117	Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат для нагревания щелочного раствора в схеме мойки оборотных бутылок с групповым этикетотборником и гидроциклическим способом удаления этикеток
118	Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат для охлаждения барды в схеме производства кормовых дрожжей на мелассной барде
119	Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат для нагревания воды при замачивании зерна ячменя в производстве солода
120	Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат для нагревания смеси «этиловый спирт - вода» в схеме ректификационной установки непрерывного действия
121	Рассчитать и спроектировать барабанную сушильную установку непрерывного действия для высушивания влажного сахара
122	Рассчитать и спроектировать распылительную сушильную установку непрерывного действия для высушивания влажного картофеля
123	Рассчитать и спроектировать ректификационную установку непрерывного действия для разделения под атмосферным давлением бинарной смеси этанол-вода в схеме производства этанола сернокислотной гидратацией этилена
124	Рассчитать и спроектировать установку, включающую в себя тарельчатую абсорбционную колонну предназначенную для улавливания паров этилового спирта из газов брожения (смесь паров этилового спирта, воды и углекислого газа) водой

3.6 Задачи

3.6.1 ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Номер вопроса	Текст задания
125	<p>Определить показание манометров M_1 и M_2, если давление над уровнем жидкости $P_0 = 1,2$ ат, уровень жидкости $h = 5$ м. Результат записать в атмосферах (ат).</p>  <p>Ответ: M1 показывает 1,2; M2 показывает 1,7.</p>
126	<p>Определить режим течения воды в трубе диаметром $d = 0,08$ м при расходе $7 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Температура воды $t = 10$ °С (кинематическая вязкость $1,31 \cdot 10^{-6}$ м²/с).</p> <p>Ответ: турбулентный.</p>
127	<p>В трубе скорость жидкости равна $u = 0,2$ м/с, диаметр трубы 0,02 м. Кинематическая вязкость 10^{-6} м²/с. Изменится ли режим движения в трубе, если расход увеличится в 5 раз?</p> <p>Ответ: нет.</p>
128	<p>Подача центробежного насоса $Q_1 = 14 \cdot 10^{-3}$ м³/с, его напор $H_1 = 48$ м. Число оборотов вала насоса $n_1 = 2900$ мин⁻¹, потребляемая насосом мощность $N_1 = 12$ кВт. Как изменятся подача Q и напор H, а также мощность насоса N, если установить к нему двигатель с числом оборотов 1450 мин⁻¹.</p> <p>Ответ: подача $Q=7 \cdot 10^{-3}$ м³/с; напор $H=12$ м; мощность $N=1,5$ кВт.</p>
129	<p>Насос, перекачивающий жидкость плотностью $\rho = 1100$ кг/м³, имеет производительность $Q = 0,022$ м³/с. Избыточное давление по манометру на нагнетательном патрубке насоса $p = 4$ ат, показания вакуумметра на всасывающем патрубке $p_v = 0,5$ ат. Разница высот подключения манометра и вакуумметра $h = 400$ мм. Мощность на валу электродвигателя $N = 13$ кВт. Определить напор (м) и КПД (%) насоса. Результаты указать с точностью до десятых долей.</p> <p>Ответ: напор 45,4 м; КПД 82,9%</p>

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

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.01.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности					
Знать основные физические законы и методы математического анализа, используемые в процессах и аппаратах; основные положения процессов и аппаратов, методы их математического моделирования	Собеседование (экзамен)	Знание основных физических законов и методов математического анализа, используемых в процессах и аппаратах; основных положений процессов и аппаратов, методы их математического моделирования	обучающийся грамотно решил ситуационные задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил ситуационные задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения ситуационных заданий, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения ситуационных заданий, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Тест	Результат тестирования	60% и более правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 60% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (зачет)	Знание основных физических законов и методов математического анализа, используемых в процессах и аппаратах; основных положений процессов и аппаратов, методов их математического моделирования	обучающийся решил или предложил вариант решения ситуационного задания и/или задачи, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся не предложил вариантов решения ситуационного задания и/или задачи, в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Уметь использовать физические законы и методы математического анализа при решении задач профессиональной деятельности в процессах и аппаратах; использовать	Собеседование (защита лабораторной работы)	Умение использовать физические законы и методы математического анализа при решении задач профессиональной деятельности в процессах и аппаратах; использовать общеинженерные знания и методы математического моделирования при расчетах процессов и аппаратов	обучающийся активно участвовал в выполнении работы, получил и обработал результаты эксперимента, проанализировал их, допустил не более 5 ошибок в ответах на вопросы при защите лабораторной работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил лабораторную работу	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)

общеинженерные знания и методы математического моделирования					
Владеть методиками применения основных физических законов и методов математического анализа при решении профессиональных задач в процессах и аппаратах; методиками расчета процессов и аппаратов с использованием общеинженерных знаний и методов математического моделирования	Ситуационное задание	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Задача	Содержание решения	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Курсовой проект	Материалы курсового проекта, защита	обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, замечаний по тексту и оформлению работы нет, грамотно защитил работу	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил не более 2-3 ошибок при ответе на вопросы	Хорошо	Освоена (повышенный)
обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но допущены незначительные ошибки в расчетах, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил			Удовлетворительно	Освоена (базовый)	

			не более 5 ошибок при ответе на вопросы		
			обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются значительные ошибки в расчетах, значительные замечания по тексту и оформлению работы, не смог защитить проект	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)