

**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 В БИОТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки

Промышленная и пищевая биотехнология

Квалификация (степень) выпускника

**бакалавр**

---

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

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

22 Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сферах: производства пищевого белка, ферментных препаратов, пребиотиков, пробиотиков, синбиотиков, функциональных пищевых продуктов (включая лечебные, профилактические и детские), пищевых ингредиентов, в том числе витаминов и функциональных смесей; глубокой переработки пищевого сырья; производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности);

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: производства продуктов ферментативных реакций, микробиологического синтеза и биотрансформаций; переработки и обезвреживания промышленных и коммунальных стоков; предотвращения и ликвидации последствий вредного антропогенного воздействия на окружающую среду техногенной деятельности);

Дисциплина направлена на решение типов задач профессиональной деятельности следующих типов:

*производственно-технологического,  
проектного, научно-исследовательского,  
организационно-управленческого.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 12 августа 2020 г. N 954 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология.

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

№ п/п	Код компет енции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-5	Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	<i>ИД1<sub>опк-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами</i> <i>ИД2<sub>опк-5</sub> – Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции</i>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
<i>ИД1<sub>опк-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами</i>	<i>Знает: технологическое оборудование и технологические операции</i>
	<i>Умеет: эксплуатировать технологическое оборудование</i>
	<i>Владеет: навыками управления биотехнологическими процессами, методиками выполнения расчетов и анализа основных биотехнологических процессов для их реализации</i>
<i>ИД2<sub>опк-5</sub> – Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции</i>	<i>Знает: количественные и качественные показатели получаемой продукции</i>
	<i>Умеет: контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции</i>
	<i>Владеет: навыками контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</i>

### 3. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП ВО/СПО

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 *Учебная практика, ознакомительная практика.*

Дисциплина является предшествующей для изучения *Производственная практика, преддипломная практика, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.*

### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ч
		4 семестр акад. ч
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа</b> в т. Ч. Аудиторные занятия:	<b>132,9</b>	<b>132,9</b>
Лекции	54	54
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Лабораторные занятия	54	54
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	54	54
Практические занятия	18	18
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	18	18
Консультации текущие	2,7	2,7
Консультирование и прием курсового проекта	2	2
Консультации перед экзаменом	2	2
<b>Вид аттестации (зачет/экзамен)</b>	0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>49,3</b>	<b>49,3</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	4,3	4,3
Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	10
Подготовка к защите Лабораторных/практических работ (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	15	15
Курсовой проект (выполнение, подготовка к защите)	20	20
Подготовка к экзамену	33,8	33,8

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

#### 5.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Трудоемкость раздела, ак.ч
1	Введение	Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов в биотехнологии. Общие принципы анализа и расчета процессов и технологического оборудования в биотехнологии. Оптимизация процессов, основы контроля качественных показателей получаемой продукции.	2

2	Гидростатика	Основные свойства жидкости. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Сила давления Относительный покой жидкости. Закон Архимеда.	12
3	Элементы гидродинамики	Задачи гидродинамики. Характеристики движения жидкости. Уравнения движения. Уравнения энергии. Основы теории подобия. Потери энергии при движении жидкости.	17,3
4	Гидравлические процессы	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 и основы расчета динамических и объемных насосов.	15
5	Механические процессы	Измельчение, гранулирование, продуктов микробиологического синтеза. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	12
6	Гидромеханические процессы и технологическое оборудование	Классификация гидромеханических процессов. Сопротивление движения тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание. Процесс фильтрования и аппараты для его реализации. Центрифугирование. Перемешивание. Непрерывное культивирование.	27
7	Тепловые процессы и технологическое оборудование	Основы теплопередачи. Промышленные способы подвода и отвода теплоты. Теплообменные аппараты. Выпаривание. Пенообразование и пеногашение.	45
8	Массообменные процессы и технологическое оборудование	Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз. Абсорбция. Массообмен между жидкостью (газом или паром) и твердым телом. Массообмен при культивировании. Растворение и кристаллизация. Концентрирование и выделение целевых продуктов микробиологического синтеза. Сушка.	45
<i>Консультации текущие</i>			2,7
<i>Консультирование и прием курсового проекта</i>			2
<i>Консультации перед экзаменом</i>			2
<i>Экзамен</i>			0,2

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	Лабораторные занятия, ак. ч	Практические занятия, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Введение	1			1
2	Гидростатика	4	4	2	2
3	Элементы гидродинамики	4	6	2	5,3
4	Гидравлические процессы	4	6		5
5	Механические процессы	2	6	2	2
6	Гидромеханические процессы технологическое оборудование	6	10	6	5
7	Тепловые процессы технологическое оборудование	15	10	6	14
8	Массообменные процессы и аппараты технологическое оборудование	18	12	4	11
<i>Консультации текущие</i>			2,7		
<i>Консультирование и прием курсового проекта</i>			2		
<i>Консультации перед экзаменом</i>			2		
<i>Экзамен</i>			0,2		

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Введение	Предмет и задачи курса в системе подготовки инженеров. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Оптимизация процессов.	1
2	Гидростатика	Основные свойства жидкости. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практические приложения. Сила давления. Относительный покой жидкости. Закон Архимеда.	4
3	Элементы гидродинамики	Задачи гидродинамики. Характеристики движения жидкости. Уравнения движения. Уравнения энергии. Основы теории подобия. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный и турбулентный. Характер и виды потерь энергии при движении жидкости: потери по длине; местные потери. Гидравлическое сопротивление типовых тепло- и массообменных аппаратов.	4
4	Гидравлические процессы	Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы. Характеристики насосов. Насосные установки. Характеристика сети. Рабочая точка насоса. Регулирование работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.	4
5	Механические процессы	Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	2
6	Гидромеханические процессы и технологическое оборудование	Роль гидромеханических процессов в производстве продуктов питания из растительного сырья. Классификация гидромеханических процессов. Сопротивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание. Движение жидкостей через зернистые и пористые слои. Псевдооживление.	6
7	Тепловые процессы и технологическое оборудование	Фильтрация суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах при производстве продуктов питания из растительного сырья. 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.	15
8	Массообменные процессы и технологическое оборудование	Значение процессов теплообмена при переработке растительного сырья. Виды переноса тепла, их характеристики. Основы теплопередачи. Уравнение теплопроводности. Конвекция и теплоотдача.	18

### 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ак. ч
1	Гидростатика	Решение практических задач на установление основных рабочих параметров жидких/газовых сред, находящихся в статическом состоянии	2
2	Элементы гидродинамики	Решение практических задач на определение режимов движения жидких/газовых сред. Выбор оптимального режима движения жидких/газовых сред.	2

3	Механические процессы	Подбор мешалки для различных сред при культивировании	2
4	Гидромеханические процессы технологическое оборудование	Решение практических задач на исследование характеристик процесса оседания и фильтрования и технологического оборудования .	6
5	Тепловые процессы и технологическое оборудование	Основы теплового расчета для теплообменных аппаратов.	6
6	Массообменные процессы и технологическое оборудование	Подбор способов сушки для различных биотехнологических сред.	4

### 5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
1.	Введение	-	
2.	Гидростатика	Относительный покой жидкости в равномерно вращающемся вокруг вертикальной оси цилиндрическом сосуде	4
3.	Элементы гидродинамики	Изучение режимов движения жидкости	2
		Материальный и энергетический балансы потока	4
4.	Гидравлические процессы	Испытание центробежного вентилятора	6
5.	Механические процессы	Испытание биореактора с лопастной мешалкой	6
6.	Гидромеханические процессы и технологическое оборудование	Осаждение под действием силы тяжести	2
		Изучение гидродинамики взвешенного слоя	4
		Определение констант процесса фильтрования	4
7.	Тепловые процессы и технологическое оборудование	Исследование процесса теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе»	6
		Испытания оросительного теплообменника	4
8.	Массообменные процессы и технологическое оборудование	Изучение процесса абсорбции углекислого газа водой в аппарате с механическим перемешиванием	4
		Изучение кинетики процесса конвективной сушки	6
		Экспериментальная проверка дифференциального уравнения простой перегонки	2

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1.	Введение	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник)	1
2.	Гидростатика	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	2
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	1
3.	Элементы гидродинамики	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	5,3
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	3 2,3
4.	Гидравлические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы)	5
		Тест (лекции, учебник, лабораторные работы)	2 2

		работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы)	1
5.	Механические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник) Тест (лекции, учебник)	2 1 1
6.	Гидромеханические процессы технологическое оборудование	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Задачи (лекции, учебник, лабораторные работы)	5 1 1 2 1
7.	Тепловые процессы технологическое оборудование	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Задачи (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	14 2 2 2 2 10
8.	Массообменные процессы и аппараты технологическое оборудование	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Задачи (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	1 2 2 2 2 8

## 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.vsu.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.vsu.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	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsu.ru">http://education.vsu.ru</a>

#### 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) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
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. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
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. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>  Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
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	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный

правовая система «Консультант Плюс»	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: Samttron 56e, LCD TFT Samsung, ASUS VW193D BK. Клавиатура (3 шт.). Мышь (3 шт.)

Дополнительно самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Читальные залы ресурсного ВГУИТ центра	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».

**АННОТАЦИЯ**  
**К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ»**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-5	Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИД1 <sub>ОПК-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами
		ИД2 <sub>ОПК-5</sub> – Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать** технологическое оборудование и технологические операции, количественные и качественные показатели получаемой продукции.

**Уметь** эксплуатировать технологическое оборудование, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции.

**Владеть** навыками управления биотехнологическими процессами, методиками выполнения расчетов и анализа основных биотехнологических процессов для их реализации, навыками контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции.

**Содержание разделов дисциплины.** Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов в биотехнологии. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов в биотехнологии. Оптимизация процессов. Основные свойства жидкости. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Сила давления. Относительный покой жидкости. Задачи гидродинамики. Характеристики движения жидкости. Уравнения движения. Уравнения энергии. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Измельчение, гранулирование, продуктов микробиологического синтеза. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов. Классификация гидромеханических процессов. Сопротивление движения тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Отстаивание. Псевдооживление. Процесс фильтрования и аппараты для его реализации. Центрифугирование. Перемешивание. Непрерывное культивирование. Основы теплопередачи. Промышленные способы подвода и отвода теплоты. Теплообмен при микробиологическом синтезе. Теплообменные аппараты и устройства культиваторов. Выпаривание. Пенообразование и пеногашение. Абсорбция. Ректификация. Массообмен между жидкостью (газом или паром) и твердым телом. Массообмен при культивировании. Растворение и кристаллизация. Концентрирование и выделение целевых продуктов микробиологического синтеза. Сушка.

)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ**

## Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-5	Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИД1 <sub>ОПК-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами
			ИД2 <sub>ОПК-5</sub> – Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 <sub>ОПК-5</sub> Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами	- Знать: технологическое оборудование и технологические операции
	- Уметь: эксплуатировать технологическое оборудование
	- Владеть: навыками управления биотехнологическими процессами, методиками выполнения расчетов и анализа основных биотехнологических процессов для их реализации
ИД2 <sub>ОПК-5</sub> Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции	- Знать: количественные и качественные показатели получаемой продукции
	- Уметь: контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции
	- Владеть: навыками контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции

### 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 Методы анализа и моделирования	ОПК-5	Тест	1, 2, 3, 6,10,13, 17,26	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы к зачету)	69-70	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
			Кейс-задание	31	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»

2	Гидростатика.	ОПК-5	Собеседование (вопросы для зачета, задания для лабораторной работы)	29, 32, 45	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
3	Элементы гидродинамики	ОПК-5	Тест	2, 3, 7, 8, 10, 12	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (задания для лабораторной работы)	32	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
			Кейс-задание	30, 67-68	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
4	Гидравлические процессы	ОПК-5	Тест	3, 10, 15	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы для зачета, задания для лабораторной работы)	32, 33-41	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Кейс-задание	30	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
5	Механические процессы и оборудование	ОПК-5	Тест	24-25	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы для экзамена)	42-43	Проверка преподавателем Отметка в системе 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
6	Гидромеханические процессы и оборудование	ОПК-5	Тест	12, 14, 21, 25	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно;

					60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы для экзамена)	51-53	Проверка преподавателем Отметка в системе 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (задания для лабораторной работы)	51-53	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Кейс-задание	27-28	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
7	Тепловые процессы и оборудование	ОПК-5	Тест	4, 16, 19	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы для экзамена)	51-53	Проверка преподавателем Отметка в системе 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (задания для лабораторной работы)	51-53	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Кейс-задание	27-28	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено – не зачтено»
8	Массообменные процессы и оборудование	ОПК-5	Тест	4, 5, 8, 9, 20, 22, 23	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование (вопросы для экзамена)	32, 54-60	Проверка преподавателем Отметка в системе 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.



			Собеседование (задания для лабораторной работы)	32, 54-60	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
--	--	--	---	-----------	--

### 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**

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на лабораторных работах, практических занятиях, тестовые задания в виде решения контрольных работ на практических работах и самостоятельно (домашняя контрольная работа) и сдачи курсовой работы по предложенной преподавателем теме. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Обучающийся, набравший в семестре более 60 % от максимально возможной бально-рейтинговой оценки работы в семестре получает зачет автоматически.

Студент, набравший за текущую работу в семестре менее 60 %, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на зачет.

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета). Зачет проводится в виде тестового задания.

Каждый вариант теста включает 15 контрольных заданий, из них:

- 5 контрольных заданий на проверку знаний;
- 5 контрольных заданий на проверку умений;
- 5 контрольных заданий на проверку навыков;

В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем зачете не учитывается.

### 3.1 Тесты (тестовые задания)

#### 3.1.1 Шифр и наименование компетенции

**ОПК-5** - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции (ИД<sub>1</sub><sub>ОПК-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами, ИД<sub>2</sub><sub>ОПК-5</sub> – Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции)

№ задания	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами
<b>А (на выбор одного правильного ответа)</b>	
1	Идеальной жидкостью называется а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение; б) жидкость, подходящая для применения; в) жидкость, способная сжиматься;

	г) жидкость, существующая только в определенных условиях.
2	Площадь поперечного сечения потока, перпендикулярная направлению движения называется а) открытым сечением; <b>б) живым сечением;</b> в) полным сечением; г) площадь расхода.
3	Расход жидкости бывает: <b>а) массовый;</b> <b>б) объемный;</b> в) весовой; г) центробежный.
4	Вторичный пар, отбираемый из выпарной установки для других нужд, называется: а) греющим паром; <b>б) экстра-паром;</b> в) глухим паром.
5	Сушка материалов является а) тепловым процессом; б) диффузионным процессом; <b>в) теплообменным процессом.</b>
6	При составлении математического описания какого процесса, пользуются следующими допущениями: – структура потока в аппарате соответствует режиму идеального смешения; – режим смешения в аппарате установившийся; – внутри аппарата отсутствуют источники и стоки вещества и теплоты; – число смешиваемых потоков равно двум, при необходимости смешения большего числа потоков в схему можно включить несколько последовательно соединенных смесителей; – теплоемкости потоков <i>i</i> -го компонента рассчитываются при температуре этого потока. <b>а) перемешивания;</b> б) сушки; в) абсорбции.
<b>Б (на выбор нескольких правильных)</b>	
7	В критериальные уравнения, описывающие теплоотдачу при турбулентном движении жидкости в трубе ( $Re > 10^4$ ) входят: <b>а) Nu – критерий Нуссельта; б) Pr – критерий Прандтля;</b> <b>в) Re – критерий Рейнольдса; г) Ku – критерий Кутателадзе;</b> д) Gr – критерий Грасгофа.
8	В материале может содержаться влага <b>а) адсорбционная;</b> <b>б) осмотическая;</b> <b>в) связанная в микрокапиллярах;</b> г) химически связанная.
9	Гидродинамические режимы работы тарельчатых колонных аппаратов <b>а) пленочный; б) подвисяния;</b> в) эмульгирования; г) пузырьковый.
10	Математическая модель конвективного теплообмена может быть выражена следующими математическими зависимостями: <b>а) <math>Nu = f(Gr, Re, Pe, l/l_0)</math></b> <b>б) <math>Nu = f(Gr, Re, Pr, l/l_0)</math></b> в) $Nu = f(Gr, Re)$ г) $Nu = f(Gr, Pe)$
<b>В (на последовательность)</b>	
11	Укажите правильную последовательность определения коэффициента гидравлического трения $\lambda$ при турбулентном режиме 1) определение $\lambda$ для гидравлически гладких труб; 2) определение толщины вязкого подслоя $\delta$ ; 3) определение абсолютной шероховатости труб $\Delta$ ; 4) сравнение $\delta$ и $\Delta$ ; 5) выбор формулы для расчета $\lambda$ .
12	Выберете правильную последовательность обозначения позиций элементов схемы фильтра: 1-фильтр, 2-фильтровальная перегородка, 3-осадок, 4-фильтрат, 5-суспензия.



	4. Математическое моделирование является методом качественного или количественного описания объектов или процессов, при этом реальный объект, процесс или явление упрощается, схематизируется и описывается определенным уравнением. В большинстве случаев математическая модель представляет собой уравнение регрессии, то есть геометрическое место точек математических ожиданий условных распределений целевой функции. Г
<b>Д (открытого типа)</b>	
18	... напора в местных сопротивлениях вычисляют по формуле Вейсбаха. Ответ: <b>Потери.</b>
19	Коэффициент ... характеризует скорость протекания процесса передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку. Ответ: <b>теплопередачи.</b>
20	... - это процесс удаления влаги из материала путем ее испарения и отвода образующихся паров. Ответ: <b>Сушка.</b>
21	... - это система, состоящая из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц. Ответ: <b>суспензия.</b>
22	... — это процесс разделения двойных или многокомпонентных смесей за счёт противоточного массообмена между паром и жидкостью. Ответ: <b>Ректификация.</b>
23	Движущей силой процесса ... является стремление системы к уменьшению поверхностного натяжения. Ответ: <b>адсорбции.</b>
24	В процессах получения суспензий эффективность ... характеризуется степенью равномерности распределения твёрдой фазы в объёме аппарата. Ответ: <b>перемешивания.</b>
25	Взвешенный слой за внешнее сходство с поведением обычной капельной жидкости (текучесть, способность принимать форму того сосуда, в который она помещена) называют ... . Ответ: <b>псевдооживленным.</b>
26	Моделью ... смешения описываются процессы, происходящие в цилиндрических аппаратах со сферическим дном в условиях больших скоростей перемешивания и при наличии отражающих перегородок. Ответ: <b>идеального.</b>

## 3.2 Кейс-задания

### 3.2.1 ОПК-5 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции

**Задание: Дать развернутые ответы на следующие задания**

Номер вопроса	Условие задачи (формулировка задания)
27	<p><b>Ситуация.</b> В аппарате требуется охладить от температуры <math>t_n = 90</math> до температуры <math>t_k = 50</math> жидкость массовым расходом <math>G = 9000</math> кг/ч с теплоёмкостью <math>c</math>. Начальная температура охлаждающей воды <math>t_1 = 18</math>, удельная теплоёмкость воды <math>c_b = 4190</math> Дж/(кг·К). Коэффициент теплопередачи <math>K = 270</math>.</p> <p><b>Задание:</b> Определить необходимую поверхность теплообмена и расход воды при прямотоке и противотоке. Описать схемы движения теплоносителей и определение среднего температурного напора.</p> <p><b>Ответ:</b> Определяем тепловую нагрузку аппарата</p> $Q = Gc(t_n - t_k) = \frac{9000}{3600} \cdot 2900 \cdot (90 - 50) = 290000 \text{ Вт.}$ <p>Задаваясь температурой воды на выходе из аппарата <math>t_2 = 40</math> °С, определим расход воды из уравнения теплового баланса</p> $Q = Wc_b(t_2 - t_1),$ <p>откуда</p> $W = \frac{Q}{c_b(t_2 - t_1)}. \quad (1)$ <p>По формуле (1)</p>

$$W = \frac{290000}{4190(40-18)} = 3,1 \text{ кг/с.}$$

Рассчитаем средний температурный напор при прямотоке и противотоке.

Прямоток:

$$t_H = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_K = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_6 = 72 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_M = 10 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} = \frac{72}{10} = 7,2 > 2, \text{ тогда } \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{2,31g \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} = \frac{72-10}{2,31g \frac{72}{10}} = 31,4 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Противоток:

$$t_H = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_K = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_6 = 50 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_M = 32 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} = \frac{50}{32} = 1,56 < 2, \text{ тогда } \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_M}{2} = \frac{50+32}{2} = 41 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Определим необходимую поверхность теплообмена при прямотоке и противотоке по формуле, вытекающей из основного уравнения теплопередачи

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{cp} K}, \quad (2)$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка аппарата, Вт;  $\Delta t_{cp}$  – средний температурный напор,  $^\circ\text{C}$ ;  $K$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

По формуле (2):

прямоток:

$$F = \frac{290000}{31,4 \cdot 270} = 34,2 \text{ м}^2;$$

противоток:

$$F = \frac{290000}{41 \cdot 270} = 26,2 \text{ м}^2.$$

Результаты расчёта показывают, что при противотоке обеспечивается большая средняя разность температур, а поверхность теплообмена при этом требуется меньшая.

28

**Ситуация.** Требуется сконденсировать в кожухотрубчатом конденсаторе пары этилового спирта в количестве  $G = 270 \text{ кг/ч}$ , при атмосферном давлении, концентрацией 96,5 % мас. Спирт выходит при температуре конденсации. Охлаждающим агентом является вода, её начальная температура  $t_H = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , конечная –  $t_K = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопередачи  $K = 610$ .  $t_{\text{конд}} = 78,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $r = 921,1 \text{ кДж/кг}$  – удельная теплота конденсации паров этилового спирта при атмосферном давлении и концентрации спирта 96,5 % мас.

**Задание.** Определить, достаточен ли имеющийся латунный теплообменник, площадь поверхности заданного теплообменника  $F_3 = 2,03 \text{ м}^2$

**Ответ:**

Задача заключается в определении необходимой для конденсации  $G$  паров спирта площади теплообменника и сравнении её с заданной.

Расчётная площадь поверхности теплообменника определяется из основного уравнения теплопередачи

Тепловая нагрузка аппарата при использовании в качестве горячего теплоносителя пара определяется по формуле

$$Q = Gr,$$

где  $r = 921,1 \text{ кДж/кг}$  – удельная теплота конденсации паров этилового спирта при атмосферном давлении и концентрации спирта 96,5 % мас. [13].

По формуле (6)

	<p><math>Q = 270 \cdot 921,1 / 3600 = 69,1</math> кВт.</p> <p>Определим средний температурный напор, выбрав температуру паров спирта при заданных условиях [6] <math>t_{\text{конд}} = 78,3</math> °С.</p> <p><math>t_{\text{конд}} = 78,3</math> °С пары спирта <math>t_{\text{конд}} = 78,3</math> °С</p> <p><math>t_{\text{к}} = 44</math> °С вода <math>t_{\text{н}} = 20</math> °С</p> <p><math>\Delta t_{\text{б}} = t_{\text{конд}} - t_{\text{н}} = 78,3 - 20 = 58,3</math> °С</p> <p><math>\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{конд}} - t_{\text{к}} = 78,3 - 44 = 34,3</math> °С</p> <p>Отношение <math>\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{58,3}{34,3} = 1,7 &lt; 2</math>, тогда</p> <p><math>\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{58,3 + 34,3}{2} = 46,3</math> °С.</p> <p>Определим площадь поверхности теплообменника по формуле (2).</p> <p><math>F_{\text{расч}} = \frac{69,1 \cdot 10^3}{610 \cdot 46,3} = 2,45</math> м<sup>2</sup>.</p> <p>Таким образом, площадь поверхности заданного теплообменника <math>F_3 = 2,03</math> м<sup>2</sup> меньше необходимой площади <math>F = 2,45</math> м<sup>2</sup>, т. е. заданный аппарат недостаточен для конденсации 270 кг/ч паров спирта.</p>
29	<p><b>Ситуация.</b> Для осуществления технологического процесса было предложено два варианта трубопровода разного диаметра. Вариант первый предполагает использование труб большего диаметра, что подразумевает большие капитальные затраты <math>Ск1 = 200000</math> руб., однако ежегодные затраты будут меньше и составят <math>Се1 = 30000</math> руб. Для второго варианта выбраны трубы меньшего диаметра, что снижает капитальные затраты <math>Ск2 = 160000</math> руб., но увеличивает затраты на ежегодное техническое обслуживание до <math>Се2 = 36000</math> руб. Оба варианта рассчитаны на <math>n = 10</math> лет эксплуатации.</p> <p><b>Задание.</b> Необходимо определить наиболее экономическое выгодное решение</p> <p><b>Ответ:</b></p> <p>Очевидно, что второй вариант более выгоден за счет меньших капитальных затрат, однако в первом случае есть преимущество за счет меньших текущих затрат. Воспользуемся формулой для определения срока окупаемости дополнительных капитальных затрат за счет экономии на обслуживании: <math>по = (Ск1 - Ск2) / (Се2 - Се1) = (200000 - 160000) / (36000 - 30000) = 8</math> лет. Отсюда следует, что при сроке эксплуатации до 8 лет экономическое преимущество будет на стороне второго варианта за счет меньших капитальных затрат, однако общие суммарные затраты обоих проектов сравняются на 8-й год эксплуатации, и дальше более выгодным окажется первый вариант. 31 Поскольку планируется эксплуатировать трубопровод в течение 10 лет, то преимущество стоит отдать первому варианту.</p>
30	<p><b>Ситуация:</b> Дан трубопровод диаметром 0,2 м, по которому движется поток воды с расходом <math>90</math> м<sup>3</sup>/ч. Температура воды равна <math>t = 20</math> °С, при которой динамическая вязкость составляет <math>1 \cdot 10^{-3}</math> Па·с, а плотность <math>998</math> кг/м<sup>3</sup>.</p> <p>Исходные данные: <math>d = 0,2</math> м; <math>Q = 90</math> м<sup>3</sup>/ч; <math>\mu = 1 \cdot 10^{-3}</math>; <math>\rho = 998</math> кг/м<sup>3</sup>.</p> <p><b>Задание.</b> Необходимо установить режим течения воды в трубе.</p> <p><b>Ответ:</b> Режим течения может быть определен по значению критерия Рейнольдса (<math>Re</math>), для расчета которого предварительно необходимо определить скорость потока воды в трубе (<math>v</math>). Величину <math>v</math> можно рассчитать из уравнения расхода для трубы круглого сечения: <math>Q = v \cdot (\pi \cdot d^2) / 4</math>, откуда <math>v = Q \cdot 4 / (\pi \cdot d^2) = [90 / 3600] \cdot [4 / (3,14 \cdot 0,2^2)] = 0,8</math> м/с.</p> <p>Используя найденное значение скорости потока, рассчитаем для него значение критерия Рейнольдса: <math>Re = (\rho \cdot v \cdot d) / \mu = (998 \cdot 0,8 \cdot 0,2) / (1 \cdot 10^{-3}) = 159680</math>.</p> <p>Критическое значение критерия Рейнольдса <math>Re_{\text{кр}}</math> для труб круглого сечения равняется 2300. Полученное значение критерия больше критического значения (<math>159680 &gt; 2300</math>), следовательно, режим потока турбулентный.</p>
31	<p><b>Ситуация.</b> Характер течения среды в трубопроводе и при обтекании препятствий способен сильно отличаться от жидкости к жидкости. Одним из важных показателей является вязкость среды, характеризующаяся таким параметром, как коэффициент вязкости. Ирландский инженер-физик Осборн Рейнольдс провел серию опытов в 1880 г., по результатам которых ему удалось вывести безразмерную величину, характеризующую характер потока вязкой жидкости, названную критерием Рейнольдса и обозначаемую <math>Re</math>.</p> <p><b>Задание.</b> Описать критерий Рейнольдса и возможность его использования в процессе моделирования.</p>

**Ответ:**  $Re = (v \cdot L \cdot \rho) / \mu$ , где  $\rho$  — плотность жидкости,  $кг/м^3$ ;  $v$  — скорость потока,  $м/с$ ;  $L$  — характерная длина элемента потока,  $м$ ;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости,  $Па \cdot с$ .

То есть критерий Рейнольдса характеризует отношение сил инерции к силам вязкого трения в потоке жидкости. Изменение значения этого критерия отображает изменение соотношения этих типов сил, что, в свою очередь, влияет на характер потока жидкости. В связи с этим принято выделять три режима потока в зависимости от значения критерия Рейнольдса. При  $Re < Re_{4000}$  наблюдается уже устойчивый режим, характеризуемый беспорядочным изменением скорости и направления потока в каждой отдельной его точке, что в сумме дает выравнивание скоростей потока по всему объему. Такой режим называется турбулентным. Число Рейнольдса зависит от задаваемого насосом напора, вязкости среды при рабочей температуре, а также размерами и формой сечения трубы, через которую проходит поток. Критерий Рейнольдса является критерием подобия для течения вязкой жидкости.

То есть с его помощью возможно моделирование реального процесса в уменьшенном размере, удобном для изучения. Это крайне важно, поскольку зачастую бывает крайне сложно, а иногда и вовсе невозможно изучать характер потоков жидкости в реальных аппаратах из-за их большого размера

Критерии и шкалы оценки:

Процентная шкала **0-100 %**; отметка в системе

**«неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»**

0-59,99% - неудовлетворительно;

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% -хорошо;

85-100% - отлично.

### **3.3 Собеседование** (вопросы к зачету, экзамену, защите лабораторных работ, аналитический обзор)

**ОПК-5 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции**

Номер вопроса	Текст вопроса
32	Местные сопротивления. Гидравлическое сопротивление типовых тепло- и массообменных аппаратов
33	Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов.
34	Основные параметры работы насосов. Характеристики насосов.
35	Насосные установки. Характеристика сети. Рабочая точка насоса.
36	Регулирование работы динамического насоса на сеть.
37	Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.
38	Устройство центробежного вентилятора. Роль «улитки», конфузора, диффузора.
39	Рабочие характеристики вентиляторов. Рабочая точка.
40	Мощность двигателя и КПД вентиляторной установки.
41	Зависимость режима работы вентилятора от числа оборотов.
42	Измельчение твердых материалов. Дробилки для крупного и тонкого измельчения.
43	Измельчение твердых материалов. Сортирование и смешение твердых материалов.
44	Расчет скорости свободного и стесненного осаждения частиц в гравитационном поле. Конструкции отстойников. Определение основных размеров.
45	Расчет гидравлического сопротивления слоя. Расчет скорости псевдооживления, витания и уноса. Однородное и неоднородное псевдооживление. Пневмо- и гидротранспорт зернистого твердого сырья.
46	Фильтрация суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах при производстве продуктов питания. Фильтрующие перегородки. Сжимаемые и несжимаемые осадки.
47	Классификация и основные типы фильтровальной аппаратуры, используемой для производства продуктов питания. Фильтры периодического и непрерывного действия для разделения суспензий.
48	Оптимизация продолжительности цикла фильтрации, фильтры для очистки газов от пылей. Основы расчета фильтров периодического и непрерывного действия.
49	Центрифуги фильтрующие и отстойные периодического и непрерывного действия. Сепараторы. Основы расчета осадительных центрифуг. Основы расчета фильтрующих центрифуг. Мокрая очистка газов. Электрофильтры
50	Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Гидродинамические структуры потока в аппаратах с механическим перемешиванием.
51	Теплообменные аппараты. Классификация и конструкции основных поверхностных теплообменников. Конструкции смесительных теплообменников. Схема расчета теплообменников.
52	Выпаривание. Физическая сущность процесса. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.

53	Оптимальное число корпусов. Распределение полезной разности температур по корпусам. Конструкции выпарных аппаратов и их классификация.
54	Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Расчет рабочей высоты массообменных аппаратов. Аппараты с непрерывным контактом фаз (насадочные, пленочные). Число единицы переноса. Высота единицы переноса. Способы расчета числа единиц переноса.
55	Аппараты со ступенчатым контактом фаз (тарельчатые). Ступень изменения концентрации (теоретическая тарелка). Кинетическая кривая. Графоаналитический расчет числа тарелок. Коэффициент полезного действия колонного аппарата. Расчет диаметра аппаратов. Пути интенсификации массообменных процессов.
56	Пути интенсификации массообменных процессов. Десорбция и способы ее проведения. Абсорберы. Их классификация.
57	Классификация ректификационных аппаратов и их расчет.
58	Влияние условной кристаллизации на качественные характеристики кристаллов. Основные конструктивные типы кристаллизаторов. Пути интенсификации процесса.
59	Классификация и конструкции конвективных сушилок. Распылительные сушилки.
60	Контактная сушка. Специальные методы сушки. Сублимационная сушка. Сушка инфракрасными лучами. Сушка токами высокой частоты
61	Экспериментальное определение сопротивления зернистых слоев. Схема лабораторной установки, порядок проведения эксперимента.
62	Примеры практического использования неподвижных и взвешенных зернистых слоев.
63	Факторы, влияющие на скорость осаждения. Методы интенсификации процесса осаждения.
64	Формула производительности отстойников. Расчет отстойников.
65	Конструкции отстойников.
66	Типы фильтровальных перегородок и требования, предъявляемые к материалам фильтрованных перегородок.
67	Задачи гидродинамики. Характеристики движения жидкости.
68	Уравнения движения реальной и идеальной жидкостей.
69	Методы анализа процессов пищевых производств
70	Методы моделирования процессов пищевых производств
71	Программное обеспечение моделирования процессов пищевых производств.
72	Теоремы подобия.
73	Критерии подобия. Критериальные уравнения.

*Процентная шкала 0-100 %;*

85-100% - отлично (практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, проявлен творческий подход, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы; работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета);

75- 84,99% - хорошо (практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета; б) или не более двух недочетов);

60-74,99% - удовлетворительно (практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала; выполнено не менее половины работы или допущены в ней а) не более двух грубых ошибок, б) не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) не более двух-трех негрубых ошибок, г) одна негрубая ошибка и три недочета, д) при отсутствии ошибок, 4-5 недочетов);

0-59,99% - неудовлетворительно (число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий).

*Критерии и шкалы оценки:*

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если домашнее задание является самостоятельным, оригинальным текстом, в котором прослеживается авторская позиция, продуманная система аргументов, а также наличествуют обоснованные выводы; используются термины, понятия по дисциплине, в рамках которой выполняется работа; полностью соответствует выбранной теме, цели и задачам; текст домашнего задания логически выстроен, имеет четкую структуру; работа соответствует всем техническим требованиям; домашнее задание выполнено в установленный срок.

- оценка «не зачтено», выставляется студенту, если домашнее задание не является самостоятельным, оригинальным текстом, в котором не прослеживается авторская позиция, не продумана система аргументов, а также отсутствуют обоснованные выводы; не используются термины, понятия по дисциплине, в рамках которой выполняется работа; не соответствует выбранной теме, цели и задачам; текст домашнего задания композиционно не выстроен; работа не соответствует техническим требованиям; домашнее задание не выполнено в установленный срок.



#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

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 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Зачет по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

**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
<p><b>ОПК-5 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции (ИД1<sub>опк-5</sub> - Эксплуатирует технологическое оборудование, выполняет технологические операции, управляет биотехнологическими процессами, ИД2<sub>опк-5</sub> - Осуществляет контроль количественных и качественных показателей получаемой продукции)</b></p>					
<p><b>Знать</b> технологическое оборудование и технологические операции, количественные и качественные показатели получаемой продукции</p>	Собеседование (экзамен)	Знание аппаратно-технологических схем производственных процессов	обучающийся грамотно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично/ 85-100	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо/ 75-84,9	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно/ 60-74,9	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно/0-59,9	Не освоена (недостаточный)
	Тест	Результат тестирования	50% и более правильных ответов	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 50% правильных ответов	Не зачтено/ 0-59,9	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование	Знание аппаратно-технологических схем производственных процессов	обучающийся решил или предложил вариант решения кейс-задания и/или задачи, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания и/или задачи, в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
<p><b>Уметь</b> эксплуатировать технологическое оборудование, контролировать количественные и качественные показатели получаемой</p>	Собеседование (защита лабораторной работы)	Умение рассчитывать производственные мощности и загрузки оборудования	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/ 60-100	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся выполнял роль наблюдателя при выполнении работы, не внес вклада в обработку результатов эксперимента, не защитил лабораторную работу	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)

продукции					
<b>Владеть</b> навыками управления биотехнологическими процессами, методиками выполнения расчетов и анализа основных биотехнологических процессов для их реализации, навыками контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции	Кейс-задание	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
	Задача	Содержание решения	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)