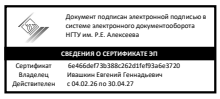
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ /Ж.В. Мацулевич/
подпись ФИО
“21” _мая_2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.19 Процессы и аппараты биотехнологии

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 19.03.01 «Биотехнология»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Общая и прикладная биотехнология»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 180/5

Промежуточная аттестация: экзамен
экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Плохов С.В. д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2024

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 августа 2021 г. № 736 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 28.05.2024 г. № 17.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 17.04.2024 г. № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А. _____

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 21.05.2024 № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный №

Начальник МО _____/Н.Р. Булгакова/

(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ /Н.И. Кабанина/

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины 5
4. Структура и содержание дисциплины…… 10
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины…….. 17
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины…… 24
7. Информационное обеспечение дисциплины 25
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ…… 27
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине……. 27
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины……... 28
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины…… 31

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии» является формирование у студентов основных понятий, знаний и навыков: в области проектирования отдельных технических и технологических элементов и процессов биотехнологических производств; в вопросах эксплуатации оборудования, выполнения отдельных операций и управления процессами; в составлении и грамотном использовании составных частей технической документации.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать у студентов общие принципы технологического расчета процессов и аппаратов биотехнологии;
- изучить свойства жидкостей, газов и других технологических сред и режимы их движения в аппаратах биотехнологических производств;
- рассмотреть законы гидростатики и гидродинамики с позиции их использования в расчетах технологического оборудования биотехнологических производств;
- изучить основные методы проектирования, расчета и выбора по технической документации диафрагм, сопел, труб Вентури и других элементов технических и технологических систем и объектов при осуществлении биотехнологических производств;
- дать представление о современном состоянии и путях развития теории подобия гидродинамических процессов в биотехнологии, ее роли в науке и технике;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта расчета отдельных технических элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебная дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии» включена в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология», направленности (профиля) «Общая и прикладная биотехнология». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по данному направлению подготовки.

Дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении химии, физики и математики на первом курсе и в первом семестре второго курса, где приобретаются необходимые знания по физическим величинам системы СИ и их размерностям, условиям равновесия и уравнениям движения твердых тел, по основам молекулярно-кинетической теории жидкостей и газов, основам дифференциального, интегрального исчисления и теории вероятностей. Для усвоения дисциплины студент должен владеть основными законами физики, общей и неорганической химии, органической химии; основными методами интегрирования; способами решения дифференциальных уравнений; приемами проведения алгебраических и логарифмических преобразований; навыками расчетов методами последовательных приближений и графического интегрирования.

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии» является основополагающей для изучения ряда общенаучных и специальных дисциплин, связанных с химией биохимией и биотехнологией. Она является пререквизитом изучения дисциплин «Процессы и аппараты биотехнологии II» и «Основы массопередачи в биотехнологии», так как формирует компетенцию студентов в области технологического расчета и проектирования элементов биотехнологического оборудования.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии» будет необходимы для освоения последующих курсов базового и профессионального цикла «Биотехнологические производства», «Основы биохимии и молекулярной биологии», «Химия биологически активных веществ» и др., при прохождении технологической и преддипломной практик, а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работ, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Связь данной дисциплины со специализацией обучающегося реализуется при рассмотрении конкретных технологических процессов и аппаратов, их исследовании и расчете.

Особенностью дисциплины является проведение практических занятий, что позволяет приобрести студентам умения проводить технические и технологические расчеты, а также первичный научный анализ результатов. В практические задания введены элементы, повышающие интерес студентов к ним и их познавательную активность. Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного анализа результатов, в эти классические практические задания введены элементы научного исследования, как-то: а) самостоятельно выбрать метод расчета (решения); б) объяснить другие возможные методы расчета (решения) и выбрать самый рациональный; в) предсказать практическое значение выполненного расчета, его области применения, провести анализ полученного результата и т.д.

К активным методам обучения относится сдача письменной самостоятельной работы с последующим ее анализом в форме обсуждения, поскольку такая работа предполагает выполнение творческих заданий (задач). Учащийся вступает в диалог с преподавателем в ходе обсуждения результатов и их интерпретации.

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты биотехнологии» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС 3++по направлению подготовки (специальности) 19.03.01 «Биотехнология»:

а) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-4, 5, 6.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	***Семестры, формирования компетенций дисциплинами***							
	1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***
ОПК-4								
Инженерная графика (Б1.Б.4)		✓						

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	***Семестры, формирования компетенций дисциплинами***							
	1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***
Процессы и аппараты биотехнологии (Б1.Б.21)				✓				
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓
ОПК-5								
Методы контроля и сертификации биотехнологических продуктов (Б1.Б.13)								✓
Основы биохимии и молекулярной биологии (Б1.Б.17)						✓		
Процессы и аппараты биотехнологии (Б1.Б.21)				✓				
Химия биологически активных веществ (Б1.Б.29)					✓			
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓
ОПК-6								
Методы контроля и сертификации биотехнологических продуктов (Б1.Б.13)								✓
Процессы и аппараты биотехнологии (Б1.Б.21)				✓				
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**			**Оценочные средства**	
					Текущего контроля	**Промежуточной аттестации**
ОПК-4. Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.	*ИОПК-4.1. Осуществляет технологический расчет оборудования*	***ЗНАТЬ*:** - физические свойства жидкостей и газов; основные законы гидравлики, применяемые в биотехнологии, а также их практические приложения	***УМЕТЬ:*** - применять основные законы гидравлики для объяснения физических явлений при движении жидкостей и газов.	***ВЛАДЕТЬ:*** - навыками использования уравнений Бернулли и закона Паскаля для гидравлических расчетов технологического оборудования.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	Вопросы для письменного экзамена (25вариантов тестов и задач). Вопросы для устного экзамена (25 билетов).
	ИОПК-4.2. Проектирует отдельные элементы технических и технологических систем и объектов при осуществлении биотехнологических производств	***ЗНАТЬ*:** - научные основы методов теоретического и экспериментального исследования гидравлических, гидромеханических процессов, а также проектирования технических и технологических элементов в биотехнологических производствах.	***УМЕТЬ:*** - применять методы моделирования для решения задач равновесия и движения жидкостей и газов, а также для технического и технологического проектирования элементов в биотехнологических производствах.	***ВЛАДЕТЬ:*** - методами математического моделирования, методами теории подобия и анализа размерностей для решения типовых гидравлических задач проектирования отдельных элементов биотехнологических производств.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**			**Оценочные средства**	
					Текущего контроля	**Промежуточной аттестации**
ОПК-5. Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	*ИОПК-5.1. Владеет знаниями устройства, принципа работы и выбора аппаратов для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов*	***ЗНАТЬ*:** - технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов.	***УМЕТЬ:*** - применять технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов.	***ВЛАДЕТЬ:*** - Знаниями устройства, принципа работы и методов расчета измерительных диафрагм, сопел и труб Вентури и другого оборудования для биотехнологических производств.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	
	ИОПК-5.3. Осуществляет выполнение технологических операций биотехнологических производств	***ЗНАТЬ*:** - классификации процессов, основные принципы, масштабирования, оптимизации и выполнения технологических операций биотехнологических производств.	***УМЕТЬ:*** - применять принципы масштабирования, оптимизации и управления операциями биотехнологического производства.	***ВЛАДЕТЬ:*** - методами расчета процессов истечения жидкостей через отверстия и насадки и осуществлять выполнение других технологических операций биотехнологических производств.		

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**			**Оценочные средства**	
					Текущего контроля	**Промежуточной аттестации**
ОПК-6. Способен разрабатывать составные части технической документации, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом действующих стандартов, норм и правил	*ИОПК-6.1. Владеет стандартами, нормами и правилами оформления и составления технической документации в сфере биотехнологических производств*	***ЗНАТЬ*:** - основные правила оформления технической документации в биотехнологических производствах.	***УМЕТЬ:*** - пользоваться стандартами, нормами и правилами оформления технической документации.	***ВЛАДЕТЬ:*** - рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для оформления технической документации.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	
	ИОПК-6.2. Разрабатывает составные части технической документации в сфере профессиональной деятельности	***ЗНАТЬ*:** - основные стандарты, нормы и правила для составления отдельных частей технической документации в биотехнологических производствах.	***УМЕТЬ:*** - пользоваться стандартами, нормами и правилами для разработки составных частей технической документации.	***ВЛАДЕТЬ:*** - рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для разработки частей технической документации.		

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 -Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	**в т.ч. по семестрам**
		4 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	**180**	**180**
1. Контактная работа:	**91**	**91**
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	**85**	**85**
занятия лекционного типа (Л)	**34**	**34**
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	**51**	**51**
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	**6**	**6**
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	**4**	**4**
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	**2**	**2**
2. Самостоятельная работа (СРС)	**53**	**53**
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	**53**	**53**
Подготовка к экзамену (контроль)	**36**	**36**

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
4 СЕМЕСТР									
ОПК-4: ИОПК-4.1 ИОПК-4.2 ОПК-5: ИОПК-5.1 ИОПК-5.3 ОПК-6: ИОПК-6.1 ИОПК-6.2	**Раздел 1** Общие сведения о процессах и аппаратах биотехнологии								
	Практическое занятие № 1.1 Предмет курса "Процессы и аппараты биотехнологии", его задачи и связь с другими дисциплинами. Контрольные вопросы.			1	2	подготовка к занятию: [1.1] с. 3-4; [1.2] с. 9-10; [1.3] с. 8-9;	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 1.2 Классификация основных (типовых) процессов и аппаратов биотехнологии.	3			1	подготовка к лекциям: [1.1] с. 5-7; [1.2] с. 13-15.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 1.2 Классификация основных (типовых) процессов и аппаратов биотехнологии. Контрольные вопросы.			3	1	подготовка к занятию: [1.3] с. 9-13; [3.1] с. 3.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 1.3 Общие принципы анализа и расчёта процессов и аппаратов.	3			1	подготовка к лекциям: [1.1] с. 8-11; [1.3] с. 13-15.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие № 1.3 Общие принципы анализа и расчёта процессов и аппаратов. Контрольные вопросы.			4	1	подготовка к занятию: [1.2] с. 15-20; [3.1] с.3.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Итого по 1 разделу	**6**		**8**	**6**				
ОПК-4: ИОПК-4.1 ИОПК-4.2 ОПК-5: ИОПК-5.1 ИОПК-5.3 ОПК-6: ИОПК-6.1 ИОПК-6.2	**Раздел 2** Жидкости и их физические свойства								
	Тема 2.1 Понятие о жидкостях и основные характеристики их состояния.	2			1	подготовка к лекциям: [1.2] с. 23-25.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 2.1 Контрольные вопросы и решение задач по основным свойствам жидкостей. Домашняя контрольная работа.			2	1	подготовка к КР: [1.3] с. 16-18; [3.1] с. 4.	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 2.2 Вязкость жидкостей.	2			1	подготовка к лекциям: [1.2] с. 25-28	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 2.2 Вязкость жидкостей. Контрольные вопросы.			3	1	подготовка к занятию: [1.3] с. 18-21; [2.1] с. 14-16; [3.1] с. 4.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 2.3 Поверхностное натяжение жидкостей	1			1	подготовка к лекциям: [1.2] с. 28-29.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 2.3 Поверхностное натяжение жидкостей. Контрольные вопросы.			3	1	подготовка к занятию: [1.3] с. 21-22; [3.1] с. 4-5.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Итого по 2 разделу	**5**		**8**	**6**				
ОПК-4: ИОПК-4.1 ИОПК-4.2 ОПК-5: ИОПК-5.1 ИОПК-5.3 ОПК-6: ИОПК-6.1 ИОПК-6.2	**Раздел 3** Гидростатика								
	Тема 3.1 Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.	1			2	подготовка к лекциям: [1.1] с. 17-20.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 3.1 Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Контрольные вопросы.			2	2	подготовка к занятию: [1.2] с. 29-33; [1.3] с. 22-24; [3.1] с. 5.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 3.2 Основное уравнение гидростатики и его практические приложения.	4			2	подготовка к лекциям: [1.2] с. 33-36; [2.2] с. 10-13.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие № 3.2 Основное уравнение гидростатики и его практические приложения. Решение задач и контрольные вопросы. Домашняя контрольная работа.			5	4	подготовка к занятию: [1.1] с. 20-25; [1.3] с. 24-31; [3.1] с. 5-6.	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога		
	Итого по 3 разделу	**5**		**7**	**10**				
ОПК-4: ИОПК-4.1 ИОПК-4.2 ОПК-5: ИОПК-5.1 ИОПК-5.3 ОПК-6: ИОПК-6.1 ИОПК-6.2	**Раздел 4** Гидродинамика								
	Тема 4.1 Гидродинамика. Характеристики движения жидкостей.	4			1	подготовка к лекциям: [1.2] с. 36-48; [2.2] с. 13-15.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 4.1 Гидродинамика. Характеристики движения жидкостей. Контрольные вопросы.			5	2	подготовка к занятию: [1.1] с. 31-32; [1.3] с. 31-41; [3.1] с. 7.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 4.2 Основные дифференциальные уравнения движения жидкостей.	3			1	подготовка к лекциям: [1.2] с. 48-54; [2.2] с. 15-17.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 4.2 Основные дифференциальные уравнения движения жидкостей. Контрольные вопросы.			5	2	подготовка к занятию: [1.1] с. 32-38; [1.3] с. 41-49; [3.1] с. 7.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 4.3 Уравнение Бернулли и его практические приложения.	2			2	подготовка к лекциям: [1.2] с. 54-62.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 4.3 Уравнение Бернулли и его практические приложения. Контрольные вопросы, решение задач и домашняя контрольная работа.			6	4	подготовка к занятию: [1.3] с. 49-54; [3.1] с. 7-9.	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога		
	Тема 4.4 Истечение жидкостей через отверстия и насадки в тонком днище и тонкой боковой стенке.	2			2	подготовка к лекциям: [1.2] с. 62-64.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 4.4 Истечение жидкостей через отверстия и насадки в тонком днище и тонкой боковой стенке. Контрольные вопросы, решение задач и домашняя контрольная работа.			6	4	подготовка к занятию: [1.3] с. 54-57; [3.1] с. 9-10.	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога		
	Итого по 4 разделу	**11**		**22**	**18**				
	Раздел 5 Методы исследования процессов и аппаратов								
	Тема 5.1 Методы исследования типовых процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве. Теория подобия.	7			1	подготовка к лекциям: [1.1] с. 11-15; [1.2] с. 64-74.	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий[12]	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) [13]	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)[14]
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-4: ИОПК-4.1 ИОПК-4.2 ОПК-5: ИОПК-5.1 ИОПК-5.3 ОПК-6: ИОПК-6.1 ИОПК-6.2	**Практическое занятие № 5.1** Методы исследования типовых процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве. Теория подобия. Контрольные вопросы.			3	2	подготовка к занятию: [1.3] с. 57-63; [2.2]с. 20-23; [3.1] с. 10-11.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Практическое занятие № 5.2 Моделирование и метод анализа размерностей**.** Контрольные вопросы.			1	2	подготовка к занятию: [1.2] с.74-78; [1.3] с. 63-66; [3.2] с. 4.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Практическое занятие № 5.3 Гидродинамическое подобие. Контрольные вопросы.			1	5	подготовка к занятию: [1.2] с.78-80; [1.3] с. 66-69; [3.2] с. 4-5.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Практическое занятие № 5.4 Приближенное моделирование. Автомодельность. Контрольные вопросы.			0,5	2	подготовка к занятию: [1.2] с.80-82; [1.3] с. 69-70; [3.2] с. 5.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Практическое занятие № 5.5 Модифицированные и производные критерии подобия. Контрольные вопросы.			0,5	1	подготовка к занятию: [1.2] с.82-84; [1.3] с. 71; [3.2] с. 5-6.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога		
	Итого по 5 разделу	**7**		**6**	**13**				
ИТОГО по дисциплине		**34**		**51**	**53**				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, домашние контрольные работы.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям и по самостоятельной работе [3.1 – 3.2], приведенных в п. 6.3.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине для текущего контроля в семестре (первая и вторая контрольная неделя) применяется **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

Таблица 5 – Балльно-рейтинговая система оценивания

Шкала оценивания	**Экзамен**
41-50	Отлично
31-40	Хорошо
21-30	Удовлетворительно
0-20	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле (экзамен) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо»** / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично»** / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-4. Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.	*ИОПК-4.1. Осуществляет технологический расчет оборудования.*	Не знает физические свойства жидкостей и газов; основные законы гидравлики, применяемые в биотехнологии, а также их практические приложения. Не умеет применять основные законы гидравлики для объяснения физических явлений при движении жидкостей и газов. Не владеет навыками использования уравнений Бернулли и закона Паскаля для гидравлических расчетов технологического оборудования.	Частично знает физические свойства жидкостей и газов; основные законы гидравлики, применяемые в биотехнологии, а также их практические приложения. С ошибками умеет применять основные законы гидравлики для объяснения физических явлений при движении жидкостей и газов. Частично владеет навыками использования уравнений Бернулли и закона Паскаля для гидравлических расчетов технологического оборудования.	Хорошо знает физические свойства жидкостей и газов; основные законы гидравлики, применяемые в биотехнологии, а также их практические приложения. С небольшими неточностями умеет применять основные законы гидравлики для объяснения физических явлений при движении жидкостей и газов. Хорошо владеет навыками использования уравнений Бернулли и закона Паскаля для гидравлических расчетов технологического оборудования.	В совершенстве знает физические свойства жидкостей и газов; основные законы гидравлики, применяемые в биотехнологии, а также их практические приложения. Уверенно умеет применять основные законы гидравлики для объяснения физических явлений при движении жидкостей и газов. Свободно владеет навыками использования уравнений Бернулли и закона Паскаля для гидравлических расчетов технологического оборудования.

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо»** / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично»** / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	ИОПК-4.2. Проектирует отдельные элементы технических и технологических систем и объектов при осуществлении биотехнологических производств.	Не знает научные основы методов теоретического и экспериментального исследования гидравлических, гидромеханических процессов, а также проектирования технических и технологических элементов в биотехнологических производствах. Не умеет применять методы моделирования для решения задач равновесия и движения жидкостей и газов, а также для технического и технологического проектирования элементов в биотехнологических производствах. Не владеет методами математического моделирования, методами теории подобия и анализа размерностей для решения типовых гидравлических задач проектирования отдельных элементов биотехнологических производств.	Имеет представление о научных основах методов теоретического и экспериментального исследования гидравлических, гидромеханических процессов, а также о проектировании технических и технологических элементов в биотехнологических производствах. С ошибками умеет применять методы моделирования для решения задач равновесия и движения жидкостей и газов, а также для технического и технологического проектирования элементов в биотехнологических производствах. Частично владеет методами математического моделирования, методами теории подобия и анализа размерностей для решения типовых гидравлических задач проектирования отдельных элементов биотехнологических производств.	Хорошо знает научные основы методов теоретического и экспериментального исследования гидравлических, гидромеханических процессов, а также проектирования технических и технологических элементов в биотехнологических производствах. Достаточно хорошо и умело применяет методы моделирования для решения задач равновесия и движения жидкостей и газов, а также для технического и технологического проектирования элементов в биотехнологических производствах. Хорошо владеет методами математического моделирования, методами теории подобия и анализа размерностей для решения типовых гидравлических задач проектирования отдельных элементов биотехнологических производств.	Отлично знает научные основы методов теоретического и экспериментального исследования гидравлических, гидромеханических процессов, а также проектирования технических и технологических элементов в биотехнологических производствах. Без ошибок умеет применять методы моделирования для решения задач равновесия и движения жидкостей и газов, а также для технического и технологического проектирования элементов в биотехнологических производствах. Отлично владеет методами математического моделирования, методами теории подобия и анализа размерностей для решения типовых гидравлических задач проектирования отдельных элементов биотехнологических производств.

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо» /** «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично» /** «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-5. Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции.	*ИОПК-5.1. Владеет знаниями устройства, принципа работы и выбора аппаратов для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов.*	Не знает технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Не умеет применять технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Не владеет знаниями устройства, принципа работы и методов расчета измерительных диафрагм, сопел и труб Вентури и другого оборудования для биотехнологических производств.	Частично знает технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Частично, допуская ошибки, умеет применять технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Слабо владеет знаниями устройства, принципа работы и методов расчета измерительных диафрагм, сопел и труб Вентури и другого оборудования для биотехнологических производств.	Хорошо знает технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Хорошо умеет применять технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Умело владеет знаниями устройства, принципа работы и методов расчета измерительных диафрагм, сопел и труб Вентури и другого оборудования для биотехнологических производств.	В совершенстве знает технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Отлично умеет применять технические средства для измерения основных параметров гидравлических процессов. Уверенно владеет знаниями устройства, принципа работы и методов расчета измерительных диафрагм, сопел и труб Вентури и другого оборудования для биотехнологических производств.

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо» /** «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично» /** «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	ИОПК-5.3. Осуществляет выполнение технологических операций биотехнологических производств.	Не знает классификации процессов, основные принципы, масштабирования, оптимизации и выполнения технологических операций биотехнологических производств. Не умеет применять принципы масштабирования, оптимизации и управления операциями биотехнологического производства. Не владеет методами расчета процессов истечения жидкостей через отверстия и насадки, и осуществлять выполнение других технологических операций биотехнологических производств.	Слабо знает классификации процессов, основные принципы, масштабирования, оптимизации и выполнения технологических операций биотехнологических производств. Частично умеет применять принципы масштабирования, оптимизации и управления операциями биотехнологического производства. Слабо владеет методами расчета процессов истечения жидкостей через отверстия и насадки, и осуществлять выполнение других технологических операций биотехнологических производств.	Хорошо знает классификации процессов, основные принципы, масштабирования, оптимизации и выполнения технологических операций биотехнологических производств. Хорошо умеет применять принципы масштабирования, оптимизации и управления операциями биотехнологического производства. Хорошо владеет методами расчета процессов истечения жидкостей через отверстия и насадки, и осуществлять выполнение других технологических операций биотехнологических производств.	Отлично знает классификации процессов, основные принципы, масштабирования, оптимизации и выполнения технологических операций биотехнологических производств. Уверенно умеет применять принципы масштабирования, оптимизации и управления операциями биотехнологического производства. Уверенно владеет методами расчета процессов истечения жидкостей через отверстия и насадки, и осуществлять выполнение других технологических операций биотехнологических производств.

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо»** / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично»** / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-6. Способен разрабатывать составные части технической документации, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом действующих стандартов, норм и правил.	*ИОПК-6.1. Владеет стандартами, нормами и правилами оформления и составления технической документации в сфере биотехнологических производств.*	Не знает основные правила оформления технической документации в биотехнологических производствах. Не умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами оформления технической документации. Не владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для оформления технической документации.	Частично знает основные правила оформления технической документации в биотехнологических производствах. Частично умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами оформления технической документации. Слабо владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для оформления технической документации.	Хорошо знает основные правила оформления технической документации в биотехнологических производствах. Хорошо умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами оформления технической документации. Хорошо владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для оформления технической документации.	Отлично знает основные правила оформления технической документации в биотехнологических производствах. Отлично умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами оформления технической документации. Уверенно владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для оформления технической документации.

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо»** / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично»** / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	ИОПК-6.2. Разрабатывает составные части технической документации в сфере профессиональной деятельности.	Не знает основные стандарты, нормы и правила для составления отдельных частей технической документации в биотехнологических производствах. Не умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами для разработки составных частей технической документации. Не владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для разработки частей технической документации.	Частично знает основные стандарты, нормы и правила для составления отдельных частей технической документации в биотехнологических производствах. Слабо умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами для разработки составных частей технической документации. Слабо владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для разработки частей технической документации.	Хорошо знает основные стандарты, нормы и правила для составления отдельных частей технической документации в биотехнологических производствах. Умеренно умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами для разработки составных частей технической документации. Хорошо владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для разработки частей технической документации.	Отлично знает основные стандарты, нормы и правила для составления отдельных частей технической документации в биотехнологических производствах. Отлично умеет пользоваться стандартами, нормами и правилами для разработки составных частей технической документации. Уверенно владеет рациональными методами поиска, хранения, обработки и анализа справочных данных, стандартов, норм и правил для разработки частей технической документации.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд имеет электронный доступ или укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1. Бородулин, Д.М. Процессы и аппараты пищевых производств и биотехнологии: учебное пособие./ Д.М. Бородулин, М.Т. Шулбаева, Е.А. Сафонова, Е.А. Вагайцева – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2020. – 292 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература) — ISBN 978-5-8114-5136-4. — Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/132259 (дата обращения: 10.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1.2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии./ А.Г. Касаткин - 14-е изд. стер. - М.: Химия, М: АльянС, 2017 – 752 с.

1.3. Плохов, С.В. Перемещение и перемешивание технологических сред в биотехнологических производствах: Учеб. пособие / С.В. Плохов, И.Г. Трунова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород: [Изд-во НГТУ], 2017. - 173 с. : ил. - ISBN 978-5-502-00892-1

6.2. Справочно-библиографическая литература

2.1. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии./ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков - 13-е изд. стер. – Л.: Химия, М: АльянС, 2016 – 576 с.

2.2. Мочалов, Г.М. Базовые процессы химической технологии: Учебное пособие/ Г.М. Мочалов; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород: [Б.и.], 2014. - 116 с.: ил. - ISBN 978-5-502-00577-7.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению практических учебных занятий и самостоятельной работы по данной дисциплине:

6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:

3.1. Плохов, С.В. Процессы и аппараты биотехнологии. Методические указания к практическим занятиям.- Н. Новгород: НГТУ, 2015, 12 с. (электронный вариант).

3.2. Плохов, С.В. Процессы и аппараты биотехнологии. Методические указания по организации и планированию самостоятельной работы.- Н. Новгород: НГТУ, 2015, 6 с. (электронный вариант).

6.3.2 Методические указания, разработанные НГТУ

3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:
http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20.

Дата обращения 23.09.2015.

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl /ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20.

3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

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

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp
3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://elib.tolgas.ru./ - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://znanium.com/. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://openedu.ru/. - Загл с экрана.
6. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://polpred.com/. – Загл. с экрана.*
7. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.viniti.ru. – Загл. с экрана.*
8. *Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uisrussia.msu.ru/. – Загл. с экрана.*

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	**Программное обеспечение свободного распространения**
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	**Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы**	**Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)**
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» https://www.nntu.ru/sveden/accenv/

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	**1221** Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)
2	**1331** учебная аудитория для проведения практических и лабораторных занятий,	1. Аквадистиллятор ДЭ−4−02−"ЭМО" 2. Весы электронные лабораторные 3. Шкафы сушильные различных модификаций и стран-изготовителей	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	4. Шкафы вытяжные 5. Рефрактометр 6. Баня водяная 7. Термостаты разных производителей 8. Фотоэлектроколориметр КФК−2МП 9. Хроматограф 10. Генератор водорода 11. Калориметр фотоэлектрический концентрационный КФК 12. Спектрофотометры различных производителей и модификаций 13. Магнитные мешалки 14. Механические мешалки 15. Вакуумные насосы 16. Центрифуги 17. Химическая лабораторная посуда 18. Химические реактивы для проведения лабораторных работ	

0. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Обучение по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологии» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия).

2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, лабораторным занятиям, доклады с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).

4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме,

изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (экзамен).

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и

расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях.

Практические занятия позволяют студентам приобрести умения проводить технические и технологические расчеты, а также первичный научный анализ результатов. В практические занятия введены элементы, повышающие интерес студентов к ним и их познавательную активность. Для повышения познавательной активности студентов и приобретения ими первичных навыков научного исследования, в эти классические практические занятия введены элементы научного исследования, как-то:

а) самостоятельно выбрать метод расчета (решения);

б) объяснить другие возможные методы расчета (решения) и выбрать самый рациональный;

в) предсказать практическое значение выполненного расчета, его области применения, провести анализ полученного результата и т.д.

К активным методам обучения относится сдача письменной самостоятельной работы с последующим ее анализом в форме обсуждения, поскольку такая работа предполагает выполнение творческих заданий (задач). Учащийся вступает в диалог с преподавателем в ходе обсуждения результатов и их интерпретации.

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с изучения или повторения теоретического материала по теме, ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы.

Выполнение каждого задания практических занятий и обсуждение каждого контрольного вопроса студент сопровождает кратким конспектом, в котором приводятся решения задач и основные теоретические положения, обсуждаемые на занятиях.

При оценивании практических занятий учитывается следующее:

- рациональность выбора метода расчета:
- качество выполнения решения;
- способность обосновать другие возможные методы расчета (решения);
- качество устных ответов на контрольные вопросы занятия;
- активность при обсуждении решений (расчетов) и контрольных вопросов.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Темы, предназначенные для самостоятельного изучения, и контрольные вопросы к ним представлены в методических указаниях [3.2] подраздела 6.3.1

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях библиотеки вуза. В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

10.5. Методические указания для выполнения контрольных работ

При изучении курса «Процессы и аппараты биотехнологии» проводится 4 домашних контрольных работы по разделам дисциплины.

В контрольную работу № 1 входят задачи по жидкостям и их свойствам из учебного пособия [2.1] (задачи 1.1-1.10) и из методических указаний [3.2] (задачи к практическому занятию по теме 2.1).

В контрольную работу № 2 входят задачи на основное уравнение гидростатики и его практические приложения из методических указаний [3.2] (задачи к практическому занятию по теме 3.2).

В контрольную работу № 3 входят задачи на уравнение Бернулли и его практические приложения из методических указаний [3.2] (задачи к практическому занятию по теме 4.3).

В контрольную работу № 4 входят задачи на истечение жидкостей через отверстия и насадки в тонком днище и тонкой боковой стенке из учебного пособия [2.1] (задачи 1.21, 1.22, 1.33, 1.34) и из методических указаний [3.2] (задачи к практическому занятию по теме 4.4).

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Контрольные вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям и по организации и планированию самостоятельной работы [3.1, 3.2], представленных в п. 6.3.1.

Примеры типовых заданий:

11.1.1. Типовые задачи к практическим (семинарским) занятиям

Занятие № 21-22 (Тема 4.4)

Решение задач на истечение жидкостей через отверстия и насадки в тонком днище и тонкой боковой стенке

1. Решение задач на истечение жидкостей через отверстия и насадки в тонком днище и тонкой боковой стенке (по выбору преподавателя из учебного пособия [2.1] или из методических указаний к практическим занятиям [3.2]).

ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ:

1. Время снижения уровня в вертикальном баке через отверстие в дне с высоты 2 м до высоты 1 м составляет 40 с. Определить диаметр отверстия, если диаметр бака 0,5 м.
2. Определить время полного опорожнения открытой емкости с постоянной площадью сечения через отверстие в дне, если объем жидкости 50 л, объемный расход и напор 1,8 $м^3$/ч и 0,5 м.
3. В емкости создано избыточное давление воздуха 7500 Па. Как изменится и каким станет время опорожнения емкости по сравнению с атмосферным давлением? Диаметр бака 800 мм, начальное заполнение на высоту 1 м. Истечение происходит через отверстие в дне диаметром 25 мм.

11.1.2.Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторные занятия не предусмотрены.

11.1.3. Типовые контрольные вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

ЗАНЯТИЕ 15-16 (Тема 4.2)

Основные дифференциальные уравнения движения жидкостей

ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ:

1. Дифференциальные уравнения сплошности потока для установившегося и неустановившегося движения капельных жидкостей.

2. Интегральные формы уравнения сплошности потока.

3. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения идеальных жидкостей.

4. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения реальных капельных жидкостей.

5. Уравнения Навье-Стокса для движения реальных упругих жидкостей.

6. Физический смысл дифференциальных уравнений для движения реальных жидкостей. Связь уравнений Навье-Стокса и Эйлера.

11.1.4. Типовые тестовые задания

1. Что называют гидравликой?
   1) науку, которая изучает равновесие и движение жидкостей;
   2) науку, которая изучает движение водных потоков;
   3) науку, которая изучает положение жидкостей в пространстве;
   4) науку, которая изучает взаимодействие водных потоков.

2. На основе теплового баланса нельзя вычислить:
   1) расход водяного пара на нагрев;
   2) расход воды на нагрев или охлаждение;
   3) общий расход энергии на процесс или работу аппарата;
   4) расход теплоносителей.

3. Что происходит с удельным весом жидкости, если температура увеличивается?
   1) возрастание;
   2) уменьшение;
   3) возрастание с последующим уменьшением;
   4) никаких изменений.

4. Что подразумевается под воздействием давления на жидкость?
   1) неподвижное состояние;
   2) процесс течения;
   3) видоизменение формы;
   4)действие силы.

5. Название объёма жидкости, протекающей за единицу времени:
   1)объёмный расход;
   2) объёмное течение;
   3) скорость потока;
   4) массовая скорость.

6. Осредненная скорость при турбулентном движении жидкости составляет:
   1) $0{,}8\omega_{max}$;
   2) $\overline{\omega_x} = \frac{\int_0^\tau \omega_x dx}{\tau}$;
   3) $0{,}9\omega_{max}$;
   4) $\omega = \frac{\omega_{max}}{2}$.

4.8. Дифференциальные уравнения Навье-Стокса для установившегося движения реальной капельной жидкости имеют вид:

1) $\begin{cases} \rho\frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu(\nabla^2\omega_x + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial x}) \\ \rho\frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu(\nabla^2\omega_y + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial y}) \\ \rho\frac{d\omega_z}{d\tau} = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu(\nabla^2\omega_z + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z}) \end{cases}$ и $\begin{cases} \frac{d\omega_x}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_y}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_z}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \end{cases}$

$$\theta = \frac{d\omega_x}{dx} + \frac{d\omega_y}{dy} + \frac{d\omega_z}{dz};$$

2) $\begin{cases} \rho\frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu(\nabla^2\omega_x + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial x}) \\ \rho\frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu(\nabla^2\omega_y + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial y}) \\ \rho\frac{d\omega_z}{d\tau} = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu(\nabla^2\omega_z + \frac{1}{3}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z}) \end{cases}$ и $\begin{cases} \frac{d\omega_x}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_x}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_x}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_y}{d\tau} = \frac{\partial\omega_y}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_y}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_y}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_z}{d\tau} = \frac{\partial\omega_z}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_z}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_z}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \end{cases}$;

$$\theta = \frac{d\omega_x}{dx} + \frac{d\omega_y}{dy} + \frac{d\omega_z}{dz}.$$

3) $\begin{cases} \rho\frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\nabla^2\omega_x \\ \rho\frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu\nabla^2\omega_y \\ \rho\frac{d\omega_z}{d\tau} = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu\nabla^2\omega_z \end{cases}$ и $\begin{cases} \frac{d\omega_x}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_x}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_x}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_y}{d\tau} = \frac{\partial\omega_y}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_y}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_y}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_z}{d\tau} = \frac{\partial\omega_z}{\partial\tau} + \frac{\partial\omega_z}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_z}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \end{cases}$;

4) $\begin{cases} \rho\frac{d\omega_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\nabla^2\omega_x \\ \rho\frac{d\omega_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu\nabla^2\omega_y \\ \rho\frac{d\omega_z}{d\tau} = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu\nabla^2\omega_z \end{cases}$ и $\begin{cases} \frac{d\omega_x}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_y}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \\ \frac{d\omega_z}{d\tau} = \frac{\partial\omega_x}{\partial x}\omega_x + \frac{\partial\omega_y}{\partial y}\omega_y + \frac{\partial\omega_z}{\partial z}\omega_z \end{cases}$.

4.19. Среднюю скорость потока жидкости при использовании мерных диафрагм вычисляют по формуле:

1) $\omega_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{d_0}{d}\right)^4}}$;

2) $\omega_1 = \left(\frac{d_0}{d}\right)^2\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{d_0}{d}\right)^4}}$;

3) $\omega = \alpha\left(\frac{d_0}{d}\right)^2\sqrt{2gh}$;

4) $\omega_1 = \frac{\alpha\pi}{4}d_0^2\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{d_0}{d_1}\right)^4}}$

Задача №1

Внутренний диаметр молочного танка равен *D*, а его длина *L*. Диаметр сливного патрубка 50 мм. Заполнение танка молоком составляет 80%. Определить продолжительность опорожнения танка самотеком.

Значения *D* и *L* взять по цифрам номера зачетной книжки из таблиц 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D, мм	1450	1400	1500	1800	1900	1600	1750	1700	1550	1650

Таблица 5.2

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L, мм	3600	4400	4500	4800	3800	4600	3750	3700	4550	3650

Задача №2

Определить объёмный расход воды $V_{сек}$ ($м^3/с$) в горизонтальной трубе диаметром d_1, имеющей плавное сужение до диаметра d_2, (труба Вентури), если показания трубок до сужения h_1, в сужении h_2 (рис.5.1). Коэффициент, учитывающий уменьшение расхода вследствие потерь напора, μ=0,98.

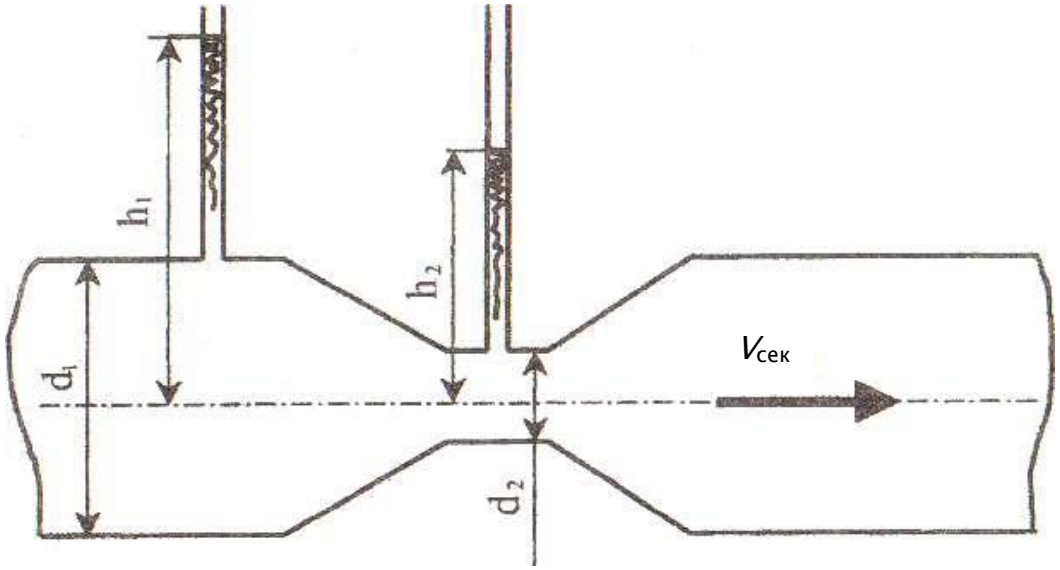


Рисунок 5.1

Значения d_1 и d_2 принять по предпоследней цифре номера зачетной книжки из таблицы 5.3.

Таблица 5.3

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1\ 10^3$, м	250	240	245	255	260	265	270	275	280	285
$d_2\ 10^3$, м	125	130	135	140	145	150	120	115	110	105

Значения h_1 и h_2 принять по последней цифре номера зачетной книжки из таблицы 5.4.

Таблица 5.4

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_1 10^2, м	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
h_2 10^2, м	30	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Задача №3

Закрытый резервуар, заполненный жидкостью с плотностью $\rho_ж$, снабжен ртутной трубкой и мановакуумметром М, который позволяет измерять как избыточное давление $(p_{изб})$, так и разреженное $(p_{вак})$ (рис. 5.2). Определить показание мановакуумметра М, если глубина подключения ртутного манометра *H*, разность уровней ртути *h* и расстояние от места подключения манометра до уровня ртути в левом колене *a*. Плотность ртути $\rho_{рт}$=13340 кг/м^3. Атмосферное давление $p_{атм}$ принять равным 9,81·10^4 Па. Абсолютное давление над свободной поверхностью жидкости в резервуаре обозначить p_0.

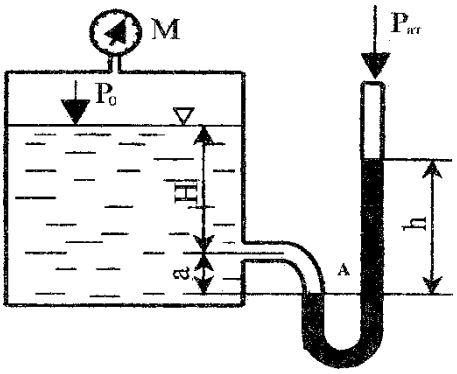


Рисунок 5.2

Значения $\rho_ж$ и *H* принять по предпоследней цифре номера зачетной книжки из таблицы 5.5.

Таблица 5.5

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_ж$, кг/м^3	883	842	854	862	700	722	784	763	684	921
H, м	1,2	1,4	1,6	1.8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0

Значения *h* и *a* принять по последней цифре номера зачетной книжки из таблицы 5.6.

Таблица 5.6

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h\ 10^3$,м	150	162	170	180	192	204	215	226	230	249
a, м	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,45	0,40	0,35	0,25

11.1.5.Типовые задания для контрольной работы

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 4
ТЕМА «ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ В ТОНКОМ ДНИЩЕ И ТОНКОЙ БОКОВОЙ СТЕНКЕ»

1. Цилиндрический бак диаметром 1 м наполнен жидкостью на высоту 2 м. Отверстие для истечения в дне имеет диаметр 3 см. Определить время, необходимое для опорожнения бака.

2. Внутренний диаметр молочного танка равен D, а его длина L. Диаметр сливного патрубка *d*. Заполнение танка молоком составляет φ. Определить продолжительность опорожнения танка самотеком.

Значения D и L взять по последней цифре шифра из таблицы 4.3.

Таблица 4.3

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D, мм	1450	1400	1500	1800	1900	1600	1750	1700	1550	1650
L, мм	3600	4400	4500	4800	3800	4600	3750	3700	4550	3650

Значения *d* и φ взять по предпоследней цифре шифра из таблицы 4.4.

Таблица 4.4

Предпослед-няя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	50	45	40	35	30	55	25	20	15	10
φ, %	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

3. Из отверстия диаметром 10 мм в дне открытого бака, в котором поддерживается постоянный уровень жидкости 900 мм, вытекает 750 $дм^3$ жидкости в 1 час. Определить коэффициент расхода. Через сколько времени опорожнится бак, если прекратить подачу в него жидкости? Диаметр бака 800 мм.

4. Открытая вертикальная цилиндрическая емкость с внутренним диаметром 800 мм имеет боковой насадок, ось которого расположена на высоте 300 мм от дна. Начальная высота слоя жидкости в емкости 1700 мм. Рассчитать время снижения уровня жидкости над насадком до 300 мм и скорость истечения жидкости, если внутренний диаметр насадка 25 мм.

5. В напорный бак с площадью поперечного сечения 3 $м^2$ притекает жидкость. В дне бака имеется спускное отверстие. При установившемся течении расход через отверстие равен притоку жидкости и ее уровень установился на высоте 1 м. Если прекратить приток жидкости, то опорожнение бака произойдет через 100 с. Определить объемный расход жидкости, притекающей в бак.

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в устной или письменной форме по всему материалу изучаемого курса «Процессы и аппараты биотехнологии»

Экзаменационный билет содержит 2 вопроса из разных тем курса.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 1

1. Предмет и задачи курса "Процессы и аппараты биотехнологии", связь его с другими дисциплинами.

2. Закон Стокса и уравнение Пуазейля.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 2

1. Биотехнологические производства. Процессы и аппараты.

2. Распределение скоростей при турбулентном движении жидкости. Осредненная и пульсационная скорости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 3

1. Типовые и специальные процессы и аппараты.

2. Характеристики турбулентного потока жидкости: интенсивность и масштаб турбулентности, вихрь, турбулентная вязкость.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 4

1. Типы классификаций основных процессов биотехнологии.

2. Физическая модель турбулентного потока жидкости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 5

1. Классификация процессов по способу организации: периодические, непрерывные и комбинированные процессы. Преимущества непрерывных процессов.

2. Дифференциальные уравнения сплошности потока для установившегося и неустановившегося движения капельных жидкостей.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 6

1. Классификация процессов по изменению параметров и по законам, определяющим их скорость.

2. Интегральные формы уравнения сплошности потока.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 7

1. Классификация аппаратов по организации процесса, по технологической схеме, значениям параметров и по природе реализуемых процессов.

2. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения идеальных жидкостей.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 8

1. Аппараты идеального вытеснения, идеального смешения и реально действующие аппараты.

2. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения реальных капельных жидкостей.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 9

1. Цели расчета процессов и аппаратов. Материальные балансы и выход продукта.

2. Уравнения Навье-Стокса для движения реальных упругих жидкостей.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 10

1. Тепловые и энергетические балансы процессов и аппаратов.

2. Физический смысл дифференциальных уравнений для движения реальных жидкостей. Связь уравнений Навье-Стокса и Эйлера.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 11

1. Общее кинетическое уравнение разнородных процессов. Константа скорости и средняя движущая сила процесса.

2. Уравнение Бернулли для движения идеальной жидкости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 12

1. Нахождение рабочей поверхности, рабочего объёма и расчет габаритных размеров аппаратов непрерывного действия.

2. Физический смысл уравнения Бернулли. Гидродинамический напор.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 13

1. Нахождение рабочей поверхности, рабочего объёма и расчет габаритных размеров аппаратов периодического действия.

2. Уравнение Бернулли для движения реальной капельной жидкости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 14

1. Гидравлика как наука. Понятие о жидкостях. Идеальные и реальные, капельные и упругие жидкости.

2. Мерные диафрагмы, сопла, трубы Вентури.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 15

1. Свойства жидкостей: коэффициент объемного расширения, плотность и удельный вес капельных и упругих жидкостей, удельный объем жидкостей.

2. Определение скоростей и расходов жидкостей дроссельными устройствами.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 16

1. Давление жидкостей и принципы его измерения. Избыточное давление и разрежение жидкостей.

2. Расчет истечения жидкости из аппаратов через отверстия и насадки в тонких днищах и тонких боковых стенках. Основные понятия. Виды насадков.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 17

1. Вязкость жидкостей. Сила трения. Закон внутреннего трения Ньютона.

2. Скорость и время опорожнения сосудов с постоянным уровнем жидкости. Коэффициенты скорости, сжатия струи и расхода.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 18

1. Динамическая и кинематическая вязкость. Внутреннее трение и количество движения (импульс). Влияние вязкости на протекание различных процессов.

2. Истечение жидкости через отверстие в тонком днище при переменном уровне жидкости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 19

1. Поверхностное натяжение жидкости и граничное натяжение.

2. Теоретический и экспериментальный методы исследования процессов и аппаратов. Общая характеристика методов теории подобия.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 20

1. Относительное и абсолютное равновесие. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.

2. Основные понятия теории подобия. Подобный процесс, геометрическое и временное подобие, подобие физических величин, начальных и граничных условий.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 21

1. Основное уравнение гидростатики (закона Паскаля).

2. Инварианты, симплексы и критерии подобия.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 22

1. Физический смысл закона Паскаля. Нивелирная высота и статический напор.

2. Теория подобия. Теорема Ньютона.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 23

1. Практические приложения закона Паскаля. Принцип сообщающихся сосудов.

2. Теория подобия. Теорема Бэкингема-Федермана.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 24

1. Практические приложения закона Паскаля. Определение высоты гидравлического затвора.

2. Теория подобия. Теорема Кирпичева-Гухмана.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 25

1. Практические приложения закона Паскаля. Пневматическое измерение объема и массы жидкости в резервуарах.

2. Этапы исследования процессов методами теории подобия. Математическое, физическое и аналоговое моделирование.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 26

1. Практические приложения закона Паскаля. Расчет гидравлических прессов.

2. Метод анализа размерностей и π-теорема Бэкингема.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 27

1. Практические приложения закона Паскаля. Определение давления жидкости на дно и стенки аппарата.

2. Применение метода анализа размерностей к движению жидкости по трубопроводу.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 28

1. Внутренняя и внешняя задача гидродинамики. Основное кинетическое уравнение движения жидкости.

2. Преобразование уравнений Навье-Стокса методами теории подобия.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 29

1. Расходы и скорости движения жидкости. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр трубопровода. Установившееся и неустановившееся движение жидкости.

2. Критерии Фруда, Эйлера, Рейнольдса, гомохронности и их физический смысл.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 30

1. Субстанциональные производные, их локальные и конвективные составляющие.

2. Критериальные уравнения движения реальной жидкости.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 31

1. Режимы движения жидкостей. Физический смысл и значения критерия Рейнольдса.

2. Приближенное моделирование.

Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т N 32

1. Распределение скоростей при ламинарном движении жидкости. Максимальная и средняя скорость жидкости.

2. Модифицированные и производные критерии подобия.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену
(ОПК-4: ИОПК-4.1, ИОПК- 4.2; ОПК-5: ИОПК-5.1, ИОПК-5.3,
ОПК-6: ИОПК 6.1, ИОПК-6.2):

1. Предмет и задачи курса "Процессы и аппараты биотехнологии", связь его с другими дисциплинами.
2. Биотехнологические производства. Процессы и аппараты.
3. Типовые и специальные процессы и аппараты.
4. Типы классификаций основных процессов биотехнологии.

5. Классификация процессов по способу организации: периодические, непрерывные и комбинированные процессы. Преимущества непрерывных процессов.
6. Классификация процессов по изменению параметров и по законам, определяющим их скорость.
7. Классификация аппаратов по организации процесса, по технологической схеме, значениям параметров и по природе реализуемых процессов.
8. Аппараты идеального вытеснения, идеального смешения и реально действующие аппараты.
9. Цели расчета процессов и аппаратов. Материальные балансы и выход продукта.
10. Тепловые и энергетические балансы процессов и аппаратов.
11. Общее кинетическое уравнение разнородных процессов. Константа скорости и средняя движущая сила процесса.
12. Нахождение рабочей поверхности, рабочего объёма и расчет габаритных размеров аппаратов непрерывного действия.
13. Нахождение рабочей поверхности, рабочего объёма и расчет габаритных размеров аппаратов периодического действия.
14. Гидравлика как наука. Понятие о жидкостях. Идеальные и реальные, капельные и упругие жидкости.
15. Свойства жидкостей: коэффициент объемного расширения, плотность и удельный вес капельных и упругих жидкостей, удельный объем жидкостей.
16. Давление жидкостей и принципы его измерения. Избыточное давление и разрежение жидкостей.
17. Вязкость жидкостей. Сила трения. Закон внутреннего трения Ньютона.
18. Динамическая и кинематическая вязкость. Внутреннее трение и количество движения (импульс). Влияние вязкости на протекание различных процессов.
19. Поверхностное натяжение жидкости и граничное натяжение.
20. Относительное и абсолютное равновесие. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
21. Основное уравнение гидростатики (закона Паскаля).
22. Физический смысл закона Паскаля. Нивелирная высота и статический напор.
23. Практические приложения закона Паскаля. Принцип сообщающихся сосудов.
24. Практические приложения закона Паскаля. Определение высоты гидравлического затвора.
25. Практические приложения закона Паскаля. Пневматическое измерение объема и массы жидкости в резервуарах.
26. Практические приложения закона Паскаля. Расчет гидравлических прессов.
27. Практические приложения закона Паскаля. Определение давления жидкости на дно и стенки аппарата.
28. Внутренняя и внешняя задача гидродинамики. Основное кинетическое уравнение движения жидкости.
29. Расходы и скорости движения жидкости. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр трубопровода. Установившееся и неустановившееся движение жидкости.
30. Субстанциональные производные, их локальные и конвективные составляющие.
31. Режимы движения жидкостей. Физический смысл и значения критерия Рейнольдса.
32. Распределение скоростей при ламинарном движении жидкости. Максимальная и средняя скорость жидкости.
33. Закон Стокса и уравнение Пуазейля.
34. Распределение скоростей при турбулентном движении жидкости. Осредненная и пульсационная скорости.
35.Характеристики турбулентного потока жидкости: интенсивность и масштаб турбулентности, вихрь, турбулентная вязкость.
36. Физическая модель турбулентного потока жидкости.

37. Дифференциальные уравнения сплошности потока для установившегося и неустановившегося движения капельных жидкостей.
38. Интегральные формы уравнения сплошности потока.
39. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения идеальных жидкостей.
40. Дифференциальные уравнения для установившегося и неустановившегося движения реальных капельных жидкостей.
41. Уравнения Навье-Стокса для движения реальных упругих жидкостей.
42. Физический смысл дифференциальных уравнений для движения реальных жидкостей. Связь уравнений Навье-Стокса и Эйлера.
43. Уравнение Бернулли для движения идеальной жидкости.
44. Физический смысл уравнения Бернулли. Гидродинамический напор.
45. Уравнение Бернулли для движения реальной капельной жидкости.
46. Мерные диафрагмы, сопла, трубы Вентури.
47. Определение скоростей и расходов жидкостей дроссельными устройствами.
48. Расчет истечения жидкости из аппаратов через отверстия и насадки в тонких днищах и тонких боковых стенках. Основные понятия. Виды насадков.
49. Скорость и время опорожнения сосудов с постоянным уровнем жидкости. Коэффициенты скорости, сжатия струи и расхода.
50. Истечение жидкости через отверстие в тонком днище при переменном уровне жидкости. Время опорожнения при постоянном и переменном сечении емкости.
51. Теоретический и экспериментальный методы исследования процессов и аппаратов. Общая характеристика методов теории подобия.
52. Основные понятия теории подобия. Подобный процесс, геометрическое и временное подобие, подобие физических величин, начальных и граничных условий.
53. Инварианты, симплексы и критерии подобия.
54. Теория подобия. Теорема Ньютона.
55. Теория подобия. Теорема Бэкингема-Федермана.
56. Теория подобия. Теорема Кирпичева-Гухмана.
57. Этапы исследования процессов методами теории подобия. Математическое, физическое и аналоговое моделирование.
58. Метод анализа размерностей и π-теорема Бэкингема.
59. Применение метода анализа размерностей к движению жидкости по трубопроводу.
60. Преобразование уравнений Навье-Стокса методами теории подобия.
61. Критерии Фруда, Эйлера, Рейнольдса, гомохронности и их физический смысл.
62. Критериальные уравнения движения реальной жидкости.
63. Приближенное моделирование.
64. Модифицированные и производные критерии подобия.