

**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  
“08” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.4 Основы массопередачи в 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: 2021

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 216/6

Промежуточная аттестация: экзамен

экзамен, зачет с оценкой, зачет

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

---

Нижний Новгород, 2021

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 28.10.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01.06.2021 № 9.

И.О. зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

---

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 08.06.2021 № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 19.03.01-о-28

Начальник МО

---

(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.....	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	15
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	20
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	22
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	22
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	23
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	27

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины** «Основы массопередачи в биотехнологии» является формирование у студентов основных понятий, знаний и навыков: в области технологических расчетов, подбора, принципа действия и эксплуатации массообменного оборудования биотехнологических производств; в вопросах конструкции и эксплуатации пленочных, насадочных, барботажных и распылительных абсорберах различных видов.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучить основные типы массообменных процессов в биотехнологических производствах;
- сформировать у студентов общие принципы технологического расчета массообменных аппаратов биотехнологии;
- дать представление о современном состоянии и путях развития теории подобия массообменных процессов в биотехнологии, ее роли в науке и технике;
- рассмотреть законы равновесия и кинетики процесса абсорбции с позиции их использования в расчетах технологического оборудования биотехнологических производств;
- изучить основные методы проектирования, расчета и выбора по технической документации пленочных, насадочных, барботажных и распылительных абсорберов различных видов при осуществлении биотехнологических производств;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта расчета абсорбционных аппаратов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина Б1.В.ОД.4 «Основы массопередачи в биотехнологии»** включена в вариативную 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 является завершающим этапом в формировании компетенции студентов в области технологического расчета и проектирования оборудования биотехнологических производств. Она основана на изучении курсов «Процессы и аппараты биотехнологии» (4 семестр) и «Процессы и аппараты биотехнологии II» (5 и 6 семестры), в ходе которого приобретаются знания законов гидростатики, гидродинамики и теплопередачи; современного состояния теории гидравлического и теплового подобия; общих принципов расчета гидравлических, гидромеханических и тепловых процессов и аппаратов; методов проектирования расчета и выбора гидравлического, гидромеханического и теплового оборудования.

Дисциплина «Основы массопередачи в биотехнологии» является основополагающей для изучения ряда общенациональных и специальных дисциплин, связанных с химией, биохимией и биотехнологией.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины «Основы массопередачи в биотехнологии», будут необходимы для освоения последующих курсов базового и вариативного цикла «Биотехнологические производства», «Техническая биохимия», «Технология пищевой промышленности» и «Фармацевтическая химия и медицинская биотехнология», при прохождении технологической и преддипломной

практик, а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Связь данной дисциплины со специализацией обучающегося реализуется при рассмотрении конкретных биотехнологических производств, их проектировании 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 относятся выполнение курсового проекта и 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 «Основы массопередачи в 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) «Основы массопередачи в биотехнологии» направлен на:

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

а) профессиональных (ПК): ПК-4.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПК-4</b>								
Основы массопередачи в биотехнологии (Б1.В.ОД.4)							✓	
Процессы и аппараты биотехнологии II (Б1.В.ОД.5)					✓	✓		

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Технологическая практика (Б2.П.1)						✓		
Преддипломная практика (Б2.П.3)								✓
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			Oценочные средства		
		Текущего контроля	Промежуточной аттестации				
<b>ПК-4.</b> Способен владеть и использовать знания устройства, принципа работы и выбора аппаратов для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов, способен осуществлять технологический расчет оборудования	<b>Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический</b> Трудовая функция: D/01.6 (ПС 22.004) Организация ведения технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности Трудовая функция: B/01.6 (ПС 02.016) Разработка и внедрение технологического процесса для промышленного производства лекарственных средств	<b>ИПК-4.1. Осуществляет технологический расчет и подбор оборудования для организации и осуществления процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности</b>	<b>ЗНАТЬ:</b> - схемы расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорбераов, виды абсорбционных установок, основы процесса десорбции.	<b>УМЕТЬ:</b> - осуществлять выбор оптимальных типовых конструкций абсорбционных установок и десорбционных аппаратов.	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> - типовыми методами расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорбераов	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	Вопросы для письменного экзамена (25 вариантов тестов и задач). Вопросы для устного экзамена (25 билетов).

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<i>ИПК-4.2. Использует знания назначения, принципа действия и устройства оборудования для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов</i>	<b>ЗНАТЬ:</b> - классификацию, теоретические основы, устройство и принцип работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распыливающих абсорбераов.	<b>УМЕТЬ:</b> - осуществлять выбор опимальных конструкций поверхностных, насадочных, пленочных и распыливающих абсорбераов.	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> - типовыми методами расчета режимов работы поверхностных, насадочных, распылительных и тарельчатых абсорбераов различных типов.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	
	<i>ИПК-4.3. Владеет методами абсорбции в аппаратах поверхностного, насадочного, тарельчатого и распылительного типа, а также методами десорбции.</i>	<b>ЗНАТЬ:</b> - рабочие режимы эксплуатации поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.	<b>УМЕТЬ:</b> - поддерживать опимальные показатели работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> - знаниями по устранению технологических неисправностей в работе поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.	- Контрольные вопросы к практическим занятиям. - Задания к практическим занятиям.	

## 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
		7 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>77</b>	<b>77</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	51	51
лабораторные работы (ЛР)		
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	5	5
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>94</b>	<b>94</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа	12	12
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36	36
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.)	46	46
Подготовка к экзамену (контроль)	45	45

## 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 <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>					
		Контактная работа												
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час									
<b>7 СЕМЕСТР</b>														
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	<b>Раздел 1</b> Общие сведения о массообмене в биотехнологических производствах													
	<b>Тема 1.1.</b> Равновесие массообменных процессов		2			2	подготовка к лекциям [1.1] с. 109-110; [2.2] с. 78-82	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Практическое занятие № 1.1</b> Равновесие массообменных процессов. Контрольные вопросы и решение задач. Домашняя контрольная работа.				4	4	подготовка к занятию [3.1] с. 3; подготовка к КР [1.2] с. 382-387	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Практическое занятие № 1.2</b> Дифференциальные уравнения и модели массообмена. Контрольные вопросы.				4	3	подготовка к занятию: [3.2] с. 4; [1.2] с.387-398; [2.1] с. 82-86;.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
<b>Итого по 1 разделу</b>		2		8	9									
<b>Раздел 2</b> Массопередача в биотехнологических производствах														

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 <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Тема 2.1 Массоотдача.	2			1	подготовка к лекциям [1.1] с. 113-115; [2.2] с. 86-89	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Практическое занятие № 2.1 Массоотдача. Контрольные вопросы.			4	2	подготовка к занятию: [1.2] с.398-404; [2.1] с. 287-289; [3.1] с. 4.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Тема 2.2 Основные уравнения массопередачи.	1			1	подготовка к лекциям [1.1] с. 112-113; [2.2] с.89-90	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Практическое занятие № 2.2 Основные уравнения массопередачи. Контрольные вопросы и решение задач. Домашняя контрольная работа.			4	4	подготовка к занятию [3.1] с. 4-5, подготовка к КР [1.2] с. 406-410; [2.1] с. 285-287	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога						
	Тема 2.3 Движущая сила массопередачи	2			1	подготовка к лекциям [2.2] с.90-92	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Практическое занятие № 2.3 Движущая сила массопередачи. Контрольные вопросы.			6	4	подготовка к занятию: [3.1] с. 5; [1.2] с.410-422	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
	Итого по 2 разделу	5		14	13								

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 <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
<b>Раздел 3 Принципы проектирования массообменного оборудования биотехнологических производств.</b>													
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	<b>Тема 3.1</b> Схемы расчета массообменного оборудования биотехнологических производств.	3			2	подготовка к лекциям [1.2] с. 423-430	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Практическое занятие № 3.1</b> Схемы расчета массообменного оборудования биотехнологических производств. Контрольные вопросы.			6	4	подготовка к занятию: [3.1] с. 5-6; [2.1] с.292-295	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	<b>Тема 3.2</b> Массообмен с участием твердой фазы. Контрольные вопросы.	1			1	подготовка к лекциям [1.2] с. 430-432	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Практическое занятие № 3.2</b> Массообмен с участием твердой фазы. Контрольные вопросы.			2	1	подготовка к занятию: [3.1] с. 6; [1.2] с. 432-433	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Итого по 3 разделу</b>	4		8	8								
	<b>Раздел 4 Проектирование абсорбционных аппаратов биотехнологии</b>												
	<b>Тема 4.1</b> Основы абсорбционных процессов биотехнологии.	3			2	подготовка к лекциям [1.1] с. 117-119	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 <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	<b>Практическое занятие № 4.1</b> Основы абсорбционных процессов биотехнологии. Контрольные вопросы.			4	2	подготовка к занятию: [3.1] с. 6; [1.2] с.434-442	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Практическое занятие № 4.2</b> Абсорбционное оборудование биотехнологии.			6	6	подготовка к занятию: [1.1] с. 119-120; [1.2] с. 442-458; [3.2] с. 4-5.	анализ контрольных вопросов в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Тема 4.3</b> Проектирование абсорберов биотехнологических производств.	3			4	подготовка к лекциям [1.2] с. 458-466	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Практическое занятие № 4.3</b> Проектирование абсорберов биотехнологических производств. Контрольные вопросы. решение задач и домашняя контрольная работа.			9	10	подготовка к занятию [3.1] с. 7-8, подготовка к КР [2.1] с. 301-314	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Практическое занятие № 4.4</b> Десорбция и схемы абсорбционных установок. Контрольные вопросы.			2	4	подготовка к занятию [3.2] с. 5, [1.2] с. 467-470	анализ контрольных вопросов, задач и письменной контрольной работы в форме группового обсуждения и диалога						
	<b>Итого по 4 разделу</b>	6		21	28								
	<b>Курсовой проект (подготовка)</b>				36								

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 <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
		17		51	94								
<b>ИТОГО по дисциплине</b>													

## **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, контрольные работы.

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

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим и лабораторным занятиям [3.1 – 3.5], представленных в п. 6.3.

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

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
<b>ПК-4.</b> Способен владеть и использовать знания устройства, принципа работы и выбора аппаратов для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов, способен осуществлять технологический расчет оборудования	<i>ИПК-4.1. Осуществляет технологический расчет и подбор оборудования для организации и осуществления процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности</i>	Не знает схемы расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов, виды абсорбционных установок, основы процесса десорбции. Не умеет осуществлять выбор оптимальных типовых конструкций абсорбционных установок и десорбционных аппаратов. Не владеет навыками использования типовых методов расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов.	Частично знает схемы расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов, виды абсорбционных установок, основы процесса десорбции. Умеет осуществлять с ошибками выбор оптимальных типовых конструкций абсорбционных установок и десорбционных аппаратов. Частично владеет навыками использования типовых методов расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов.	Хорошо знает схемы расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов, виды абсорбционных установок, основы процесса десорбции. С небольшими неточностями умеет осуществлять выбор оптимальных типовых конструкций абсорбционных установок и десорбционных аппаратов. Хорошо владеет навыками использования типовых методов расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов.	Знает в совершенстве схемы расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов, виды абсорбционных установок, основы процесса десорбции. Уверенно умеет осуществлять выбор оптимальных типовых конструкций абсорбционных установок и десорбционных аппаратов. Уверенно владеет навыками использования типовых методов расчета размеров пленочных, насадочных, распыливающих и тарельчатых абсорберов.

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
	<i>ИПК-4.2. Использует знания назначения, принципа действия и устройства оборудования для осуществления биотехнологического процесса при производстве биотехнологических продуктов</i>	<p>Не знает классификацию, теоретические основы, устройство и принцип работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распыливающих аборберов. Не умеет осуществлять выбор оптимальных конструкций поверхностных, пленочных и распыливающих аборберов.</p> <p>Не владеет типовыми методами расчета режимов работы поверхностных, насадочных, распылительных и тарельчатых аборберов различных типов.</p>	<p>Имеет представление о классификации, теоретических основах, устройстве и принципе работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распыливающих аборберов.</p> <p>С ошибками умеет осуществлять выбор оптимальных конструкций поверхностных, пленочных и распыливающих аборберов.</p> <p>Частично владеет типовыми методами расчета режимов работы поверхностных, насадочных, распылительных и тарельчатых аборберов различных типов.</p>	<p>Хорошо знает классификацию, теоретические основы, устройство и принцип работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распыливающих аборберов.</p> <p>Достаточно хорошо и умело осуществляет выбор оптимальных конструкций поверхностных, пленочных и распыливающих аборберов.</p> <p>Хорошо владеет типовыми методами расчета режимов работы поверхностных, насадочных, распылительных и тарельчатых аборберов различных типов.</p>	<p>Отлично знает классификацию, теоретические основы, устройство и принцип работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распыливающих аборберов.</p> <p>Без ошибок умеет проводить выбор оптимальных конструкций поверхностных, пленочных и распыливающих аборберов.</p> <p>Отлично владеет типовыми методами расчета режимов работы поверхностных, насадочных, распылительных и тарельчатых аборберов различных типов.</p>

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
	<i>ИПК-4.3. Владеет методами абсорбции в аппаратах поверхностного, насадочного, тарельчатого и распылительного типа, а также методами десорбции.</i>	<p>Не знает рабочие режимы эксплуатации поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Не умеет поддерживать оптимальные показатели работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Не владеет знаниями по устранению технологических неисправностей в работе поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p>	<p>Частично знает рабочие режимы эксплуатации поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов</p> <p>Умеет с ошибками поддерживать оптимальные показатели работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Частично владеет знаниями по устранению технологических неисправностей в работе поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p>	<p>Хорошо знает рабочие режимы эксплуатации поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Умеет с небольшими неточностями поддерживать оптимальные показатели работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Хорошо владеет знаниями по устранению технологических неисправностей в работе поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p>	<p>Отлично знает рабочие режимы эксплуатации поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Умеет легко и уверенно поддерживать оптимальные показатели работы поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p> <p>Отлично владеет знаниями по устранению технологических неисправностей в работе поверхностных, насадочных, тарельчатых и распылительных абсорбераов и десорбционных аппаратов.</p>

## **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.

### **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 - 10-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 лабораторных и практических учебных занятий по данной дисциплине:

#### ***6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:***

3.1. Плохов С.В. Основы массопередачи в биотехнологии. Методические указания к практическим занятиям. - Н. Новгород: НГТУ, 2015, 8 с. (электронный вариант).

3.2. Плохов С.В. Основы массопередачи в биотехнологии. Методические указания по организации и планированию самостоятельной работы. - Н. Новгород: НГТУ, 2015, 5 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](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/umy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samocet\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/umy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samocet_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/umy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatijs-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/umy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatijs-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	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021	
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**

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

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
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**

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	1331/1 учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, 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. Таблица Д.И. Менделеева - 1 шт. 3. Рабочее место преподавателя 4. Рабочее место студента - 20 чел.	
2	1334-4 Мультимедийная аудитория (компьютерный класс для проведения виртуального	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест); 2. Рабочие столы (22 посадочных места);	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14);

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
	лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)
3	<b>1342</b> 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 22 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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)
4	<b>1221</b> 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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Дисциплина «Основы массопередачи в биотехнологии» состоит из четырех связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Основы массопередачи в биотехнологии» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим 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 «Основы массопередачи в биотехнологии» проводится 3 домашних контрольных работы по разделам дисциплины.

В контрольную работу № 1 входят задачи по равновесию массообменных процессов из учебного пособия [2.1] (задачи 6.1-6.9) и из методических указаний [3.1] (задачи к практическому занятию по теме 1.1).

В контрольную работу № 2 входят задачи на основные уравнения массопередачи из методических указаний [3.1] (задачи к практическому занятию по теме 2.2).

В контрольную работу № 3 входят задачи по расчету абсорберов из методических указаний [3.1] (задачи к практическому занятию по теме 4.3).

## **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 № 1-2 (Тема 1.1)**

**Решение задач по равновесию массообменных процессов**

1. Решение задач по равновесию массообменных процессов (по выбору преподавателя из учебного пособия [2.1] или из методических указаний к практическим занятиям [3.1])

#### **ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ:**

1. Жидкая смесь содержит 58,8% (мол.) толуола и четыреххлористый углерод. Определить относительную массовую и объемную массовую концентрацию толуола.
2. Воздух при атмосферном давлении 745 мм рт. ст. и температуре 34°C насыщен водяным паром. Определить парциальное давление воздуха, объемный и массовый % пара в паровоздушной смеси и его относительную массовую концентрацию, считая компоненты идеальными газами. Определить также плотность паровоздушной смеси, сравнить ее с плотностью сухого воздуха.
3. При температуре 25°C воздух, содержащий 14% (об.) ацетилена, при атмосферном давлении находится в контакте с водой, содержащей ацетилен в количестве: а)  $2,9 \cdot 10^{-2}$  кг; б)  $1,53 \cdot 10^{-2}$  кг на 1 кг воды. Определить направление перехода ацетилена и движущую силу процесса в начальный момент времени в относительных мольных концентрациях. Атмосферное давление 765 мм рт. ст. Равновесные концентрации ацетилена в фазах подчиняются закону Генри.

### **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. Простые поверхностные абсорбераы.
2. Оросительные и пластинчатые абсорбераы.
3. Конструкция и принцип действия насадочных абсорбераов.
4. Гидродинамические режимы работы насадочных абсорбераов.
5. Виды насадок абсорбераов.
6. Принцип работы тарельчатых абсорбераов со сливыми устройствами.

7. Гидродинамические режимы работы тарельчатых абсорбераов.
8. Определение рабочих скоростей газов в тарельчатых абсорберах.
9. Конструкции ситчатых абсорбераов
10. Эффективность работы колпачковых абсорбераов.
11. Абсорбераы с клапанными, балластными и пластинчатыми тарелками.
12. Абсорбераы без сливных устройств.
13. Устройство распыливающих абсорбераов (полого, Вентури и роторного центробежного).

#### 11.1.4. Типовые тестовые задания

1. Что называется процессом кристаллизации?
  - 1) Удаление влаги из твёрдых материалов;
  - 2) Переход растворённого вещества из одной жидкости в другую жидкость, не смешивающуюся с первой в системе из двух жидкых фаз;
  - 3) Выделение твердой фазы в виде кристаллов из жидкой фазы;
  - 4) Поглощение компонентов газа или жидкости твердой пористой фазой.
2. Какие размерности имеет количественный состав фаз, выраженный в массовых (весовых) или мольных долях?
  - 1)  $\text{м}^3/\text{кг}$  и  $\text{м}^3/\text{кмоль}$ ;
  - 2)  $\text{кг}/\text{м}^3$  и  $\text{кмоль}/\text{м}^3$ ;
  - 3)  $\text{кг}/\text{кг}$  фазы и  $\text{кмоль}/\text{кмоль}$  фазы;
  - 4)  $\text{кг}/\text{кг}$  носителя и  $\text{кмоль}/\text{кмоль}$  носителя;

3. Какие формулы используют для пересчета массовых (весовых) долей в мольные доли и, наоборот, в бинарной смеси?

$$1) \quad x_A = \frac{\bar{x}_A / M_A}{\bar{x}_A + 1 - \bar{x}_A} \quad \text{и} \quad \bar{x}_A = \frac{M_A x_A}{M_A x_A + M_B (1 - x_A)}; \quad 2) \quad \bar{x}_K = \frac{c_K}{\rho};$$

$$3) \quad \bar{x} = \frac{\bar{X}}{1 + \sum \bar{X}} \quad \text{и} \quad \bar{y} = \frac{\bar{Y}}{1 + \sum \bar{Y}}; \quad 4) \quad \bar{x} = \frac{\bar{X}}{1 + \bar{X}}; \quad \bar{y} = \frac{\bar{Y}}{1 + \bar{Y}} \quad \text{и} \quad \bar{X} = \frac{\bar{x}}{1 - \bar{x}}; \quad \bar{Y} = \frac{\bar{y}}{1 - \bar{y}}.$$

4. Какая формула отражает материальный баланс противоточного массообменного аппарата идеального вытеснения по общей массе?

$$1) \quad G_H + L = G + L_K; \quad 2) \quad G_H \bar{y}_H + L \bar{x} = G \bar{y} + L_K \bar{x}_K;$$

$$3) \quad G_H \bar{y}_H + L_H \bar{x}_H = G_K \bar{y}_K + L_K \bar{x}_K; \quad 4) \quad G_H + L_H = G_K + L_K.$$

5. Какой вид имеет дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде при неустановившемся массообмене, но при стационарном движении фазы?

$$1) \quad dM = -DdFdt \frac{dc}{dn};$$

$$2) \quad \frac{\partial c}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial c}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial c}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial c}{\partial z} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right);$$

$$3) \quad \frac{\partial c}{\partial \tau} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right);$$

$$4) \quad \omega_x \frac{\partial c}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial c}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial c}{\partial z} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right).$$

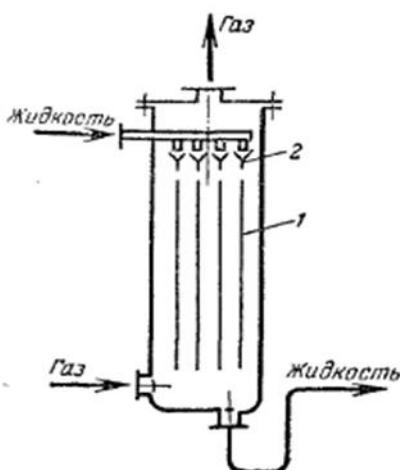
6. Какие формулы характеризуют число единиц переноса процесса массопередачи?

- 1)  $n_{oy} = \int_{y_k}^{y_h} \frac{dy}{y - y^*}$  или  $n_{ox} = \int_{x_k}^{x_h} \frac{dx}{x^* - x}$ ;
- 2)  $n_y = \int_{y_k}^{y_h} \frac{dy}{y - y_{rp}} = \frac{\beta_y F}{G}$  или  $n_x = \int_{x_k}^{x_h} \frac{dx}{x_{rp} - x} = \frac{\beta_x F}{L}$ ;
- 3)  $h_{oy} = \frac{G}{K_y aS}$  или  $h_{ox} = \frac{L}{K_x aS}$ ;
- 4)  $\frac{1}{n_{oy}} = \frac{1}{n_y} + \frac{1}{n_x A}$  или  $\frac{1}{n_{ox}} = \frac{1}{n_x} + \frac{A}{n_y}$ .

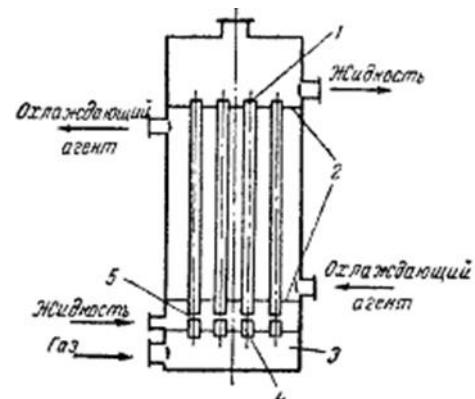
7. Какая формула справедлива для системы газ-жидкость, в которой газ является реальным?

- 1)  $p_i = E x_i$ ;
- 2)  $p_i = P_i^0 x_i$ ;
- 3)  $f_i = f_i^0 x_i$ ;
- 4)  $p_i = P y_i$ .

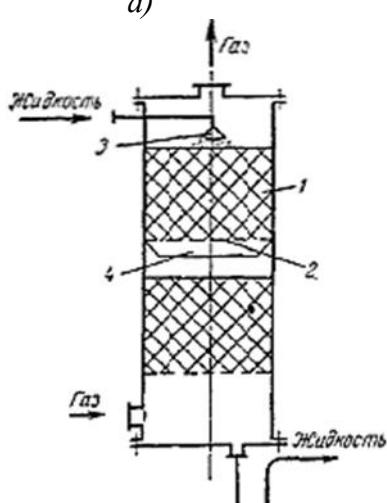
8. На каком рисунке представлена схема насадочного абсорбера?



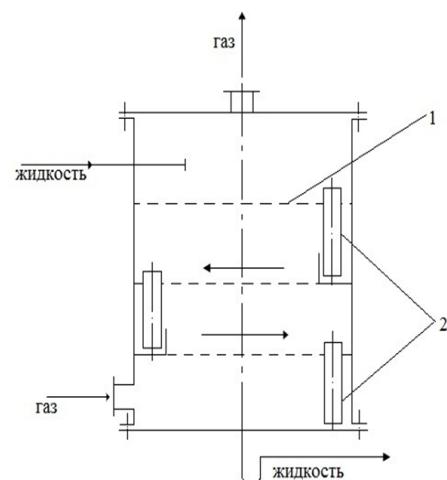
*a)*



*b)*

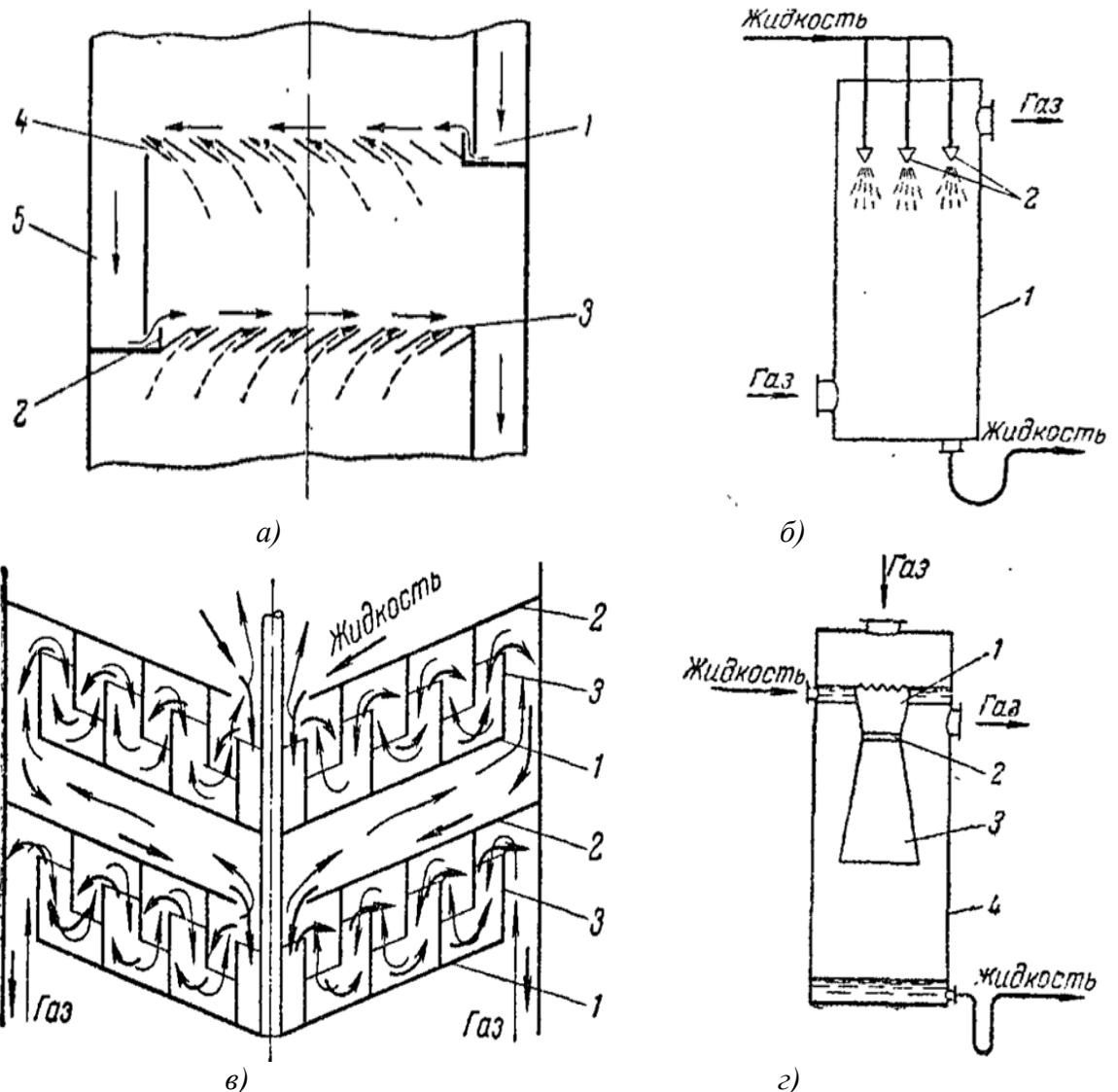


*c)*



*d)*

9. На каком рисунке представлена схема абсорбера с пластинчатыми тарелками?



### Задача 1

Построить равновесную и рабочую линию на диаграмме  $y-x$  и определить графическим и расчетным путем число единиц переноса при поглощении газа водой. Молекулярная масса улавливаемого газа  $M_g$ . Мольная доля (проценты) поглощаемого компонента в газе на входе  $y_h$ , на выходе составляет  $y_k$ ; содержание улавливаемого газа в поступающей на абсорбцию воде  $x_h = 0$ . Удельный расход поглотителя  $l$ . Общее давление газа  $P=10^5$  Па (760 мм. рт. ст.). Коэффициент фазового равновесия  $m$ .

Значения величины  $M_g$  принять по предпоследней цифре номера зачетной книжки из табл. 1.

Таблица 1

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$M_g$ ,	17	44	64	30	32	26	16	28	44	16

Значения остальных величин принять по последней цифре номера зачетной книжки из таблицы 2.

Таблица 2

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$y_n$ , % моль	10	16	8	6	12	15	14	20	20	17
$y_k$ , % моль	1,0	0,3	1,2	1,2	2,0	1,8	2,5	0,5	0,5	2,3
$l$ , кг/к г	2,4	1,1	1,3	1,2	1,2	1,4	1,05	1,4	1,3	1,2
$m$	1,2	0,8	0,7	0,9	1,0	1,1	0,8	1,0	1,1	0,9

Примечания:

- а) ввиду малой массовой концентрации газа в растворе линия равновесия будет прямой и описывается уравнением вида:  $y^* = mx$ ;
- б) движение фаз противоточное.

### Задача 2

Найти среднюю движущую силу процесса и число единиц переноса для насадочного абсорбера, работающего по противоточной схеме и служащего для поглощения водой аммиака из его смеси с воздухом при следующих условиях: начальная концентрация аммиака в воде  $x_n = 0$ , расход воды  $L$ ; начальная концентрация аммиака в воздухе  $y_n$ , конечная -  $y_k$ . Расход газовой смеси  $G$ .

Значение  $L$  принять по предпоследней цифре номера зачетной книжки из таблицы 3.

Таблица 3

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L \cdot 10^2$ , кмоль/с	3,75	3,89	4,17	5,00	4,72	4,44	4,03	5,28	3,75	4,31

Значения  $y_n$ ,  $y_k$  и  $G$  взять по последней цифре номера зачетной книжки из таблицы 4.

Таблица 4

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$y_n \cdot 10^3$ , кмоль/кмоль	30	20	25	20	30	25	40	20	25	30
$y_k \cdot 10^3$ , кмоль/кмоль	3	2	2,5	3	4	1,5	2	3	4	5
$G \cdot 10^2$ , кмоль/с	1,67	1,83	1,92	1,94	1,81	1,72	2,09	1,53	2,22	2,07

**Примечание:** данные о равновесных концентрациях аммиака в жидкости и газе приведены в таблице 5.

Таблица 5

$x \cdot 10^4$ , (кмоль аммиака)/(кмоль воды)	0	50	100	125	200	230
$y \cdot 10^4$ , (кмоль аммиака)/(кмоль воздуха)	0	45	102	138	273	327

Число единиц переноса определить аналитическим и графическим способами.

### Указания к решению задачи

Определить конечную концентрацию аммиака в воде из уравнения материального баланса. Построить равновесную и рабочую линии. Определить движущие силы процесса абсорбции по концам аппарата как разность равновесных и рабочих концентраций и среднюю движущую силу в аппарате. Число единиц переноса определить аналитическим и графическим способом.

### 11.1.5. Типовые задания для контрольной работы

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

### ТЕМА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ АБСОРБЕРОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»

1. В насадочном абсорбере поглощается чистой водой целевой компонент А из его смеси с воздухом при давлении  $P$  и температуре  $t$ . Расход газа  $V_r$  ( $0^\circ\text{C}$ , 760 мм рт. ст.), начальная концентрация в газе  $y_n$ , степень извлечения компонента А равна  $C_p$ . Коэффициент избытка орошения  $\beta$ , коэффициент смачивания  $\psi$ , коэффициент массопередачи  $K$ . Определить расход воды, диаметр абсорбера и высоту насадки.

Значения  $P$ ,  $t$ ,  $V_r$ ,  $y_n$ ,  $C_p$ ,  $\beta$ ,  $\psi$ ,  $K$ , размер насадки и целевой компонент А принять по предпоследней цифре шифра из табл. 1.

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P$ , МПа	1,2	1,0	0,2	0,7	0,8	0,4	0,5	0,1	0,2	0,5
$t$ , $^\circ\text{C}$	10	5	12	12	10	5	10	15	5	10
$V_r \cdot 10^{-2}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	10	7	10	5	10	10	9	9	8	5
$y_n$ , %	14,5	12	10	5	10	10	8	8	7	10
$C_p$ , %	95	97	95	90	93	95	95	92	92	96
$\beta$	1,6	1,6	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6
$\psi$	0,9	0,9	0,95	0,95	0,88	0,88	0,8	0,8	0,9	0,9
$K \cdot 10^6$ , $\text{кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$	0,57 5	0,7	0,8	0,9	1,0	0,8	9	7	0,8	0,5
Размер насадки, мм	Керами-ческие кольца 25x25x3	Керами-ческие кольца 35x35x4	Керами-ческие кольца 35x35x2,5	Кокс кусковой 42,6		Керами-ческие кольца 50x50x5				
Целевой компонент	Ацетилен	Хлор	Сероводород	Бром		Диоксид углерода				

2. Построить равновесную и рабочую линии абсорбера на диаграмме  $y-x$  и определить графически и расчетным путем числа единиц переноса при поглощении газа водой. Молекулярная масса улавливаемого газа  $M_r$ . Мольная доля поглощаемого компонента в газе на выходе  $y_n$ , а на входе  $y_k$ ; содержание улавливаемого газа в поступающей воде  $x_n=0$ . Удельный расход поглотителя  $L$ . Общее давление газа  $P=10^5$  Па (760 мм рт. ст.). Коэффициент фазового равновесия  $m$ .

Значения всех величин принять по последней цифре шифра из таблицы 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$M_r$	17	44	64	30	32	26	16	28	44	16
$y_n$ , % моль	10	16	8	6	12	15	14	20	20	17
$y_k$ , % моль	1,0	0,3	1,2	1,2	2,0	1,8	2,5	0,5	0,5	2,3

L, кг/кг	2,4	1,1	1,3	1,2	1,2	1,4	1,05	1,4	1,3	1,2
m	1,2	0,8	0,7	0,9	1,0	1,1	0,8	1,0	1,1	0,9

Примечания:

- а) ввиду малой массовой концентрации газа в растворе линия равновесия будет прямой и описывается уравнением вида:  $y^*=mx$ ;
- б) относительная молекулярная масса инертного газа равна 29;
- в) движение фаз противоточное.

### 11.1.6. Типовые темы курсовых проектов

1. Линия производства мороженого "Сливочное" с расчетом пастеризационно-охладительной установки.
2. Производство молока с расчетом гомогенизатора.
3. Технологическая линия производства кефира с расчетом сепаратора.
4. Линия производства питьевого йогурта с расчетом резервуара для растворения сиропа.
5. Производство батона нарезного с расчетом тестоприготовительного агрегата.
6. Производство пшеничного хлеба с расчетом тестомесильной машины.
7. Производство ржаного хлеба с расчетом тестомесильной машины.
8. Производство сгущенного молока с расчетом сепаратора-сливкоотделителя.
9. Производство тетрациклической мази с расчетом реактора приготовления концентрата.
10. Производство инактивированной противогриппозной вакцины с расчетом парового стерилизатора.
11. Производство пшеничного хлеба с расчетом тоннельной печи.
12. Производство салицилово-цинковой пасты с расчетом смесителя.
13. Производство глазированных сырков с расчетом резервуара для сквашивания.
14. Производство сыра "Адыгейский" с расчетом пастеризационно-охладительной установки.
15. Технология производства ряженки с расчетом резервуара для сквашивания.
16. Производство сливочного масла с расчетом сливкосозревателя.
17. Производство голландского сыра с расчетом сырородильной ванны.
18. Линия изготовления кваса с расчетом бродильного аппарата.
19. Технологическая линия изготовления пектина с расчетом экстрактора.
20. Производство эритромицина с расчетом ферментера.
21. Линия производства пива с расчетом охладителя сусла.
22. Производство оксолиновой мази с расчетом реактора приготовления основы.

### 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 «Основы массопередачи в 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 № 1

1. Виды процессов массообмена. Массопередача и массоотдача.
2. Многоступенчатая абсорбция с рециркуляцией жидкости и с блоком десорбции.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2**

1. Способы выражения состава фаз в процессах массообмена.
2. Схемы одноступенчатой абсорбции.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3**

1. Правило фаз Гиббса и линии равновесия при массопередаче.
2. Десорбция.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4**

1. Уравнения рабочих линий и направление процессов массопередачи.
2. Схема расчета тарельчатых абсорбераов.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №5**

1. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия и I-ый закон Фика.
2. Расчет насадочных абсорбераов.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6**

1. Турбулентная диффузия.
2. Схема расчета пленочных абсорбераов.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №7**

1. Дифференциальное уравнение установившегося массообмена в движущейся среде.
2. Общие принципы расчета абсорбераов.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №8**

1. Дифференциальное уравнение неустановившегося массообмена в движущейся среде и молекулярная диффузия.
2. Устройство распыливающих абсорбераов (полого, Вентури и роторного центробежного).

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №9**

1. Механизм массопередачи.
2. Абсорбераы без сливных устройств.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10**

1. Плёночная модель массопередачи.
2. Абсорбераы с клапанными, балластными и пластинчатыми тарелками.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11**

1. Модель диффузионного пограничного слоя для массопередачи.

2. Конструкции ситчатых и колпачковых абсорбераов.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 12**

1. Уравнения и коэффициенты массоотдачи.
2. Определение рабочих скоростей газов в тарельчатых абсорберах.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 13**

1. Подобие граничных условий переноса массы. Диффузионный критерий Нуссельта.
2. Гидродинамические режимы работы тарельчатых абсорбераов.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 14**

1. Подобие переноса массы в ядре потока. Диффузионные критерии Фурье, Пекле и Прандтля.
2. Принцип работы тарельчатых абсорбераов со сливными устройствами.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 15**

1. Критериальные уравнения массоотдачи.
2. Виды насадок абсорбераов.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 16**

1. Уравнения и коэффициенты массопередачи.
2. Гидродинамические режимы работы насадочных абсорбераов.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 17**

1. Связь коэффициентов массопередачи и массоотдачи.
2. Конструкция и принцип действия насадочных абсорбераов.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 18**

1. Объемные коэффициенты массопередачи и массоотдачи.
2. Поверхностные (простые, оросительные и пластинчатые) абсорбераы.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 19**

1. Средняя движущая сила массопередачи.
2. Скорость процесса хемосорбции.

### **Э К З А М Е Н А Ц И О Н Н Ы Й Б И Л Е Т № 20**

1. Число единиц переноса при массопередаче и его связь с числом единиц переноса фаз.
2. Скорость физической абсорбции.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №21**

1. Графические методы определения числа единиц переноса.
2. Тепловой баланс абсорбции.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №22**

1. Высота единицы переноса (ВЕП).
2. Материальный баланс абсорбции. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №23**

1. Коэффициент извлечения (обогащения).
2. Расчет высоты массообменных аппаратов методом теоретических тарелок. Высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ).

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №24**

1. Связь числа единиц переноса и коэффициента извлечения (обогащения).
2. Виды абсорбции. Равновесие абсорбции. Закон Генри.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №25**

1. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи.
2. Дифференциальное уравнение массопроводности и его подобные преобразования. Обобщенное критериальное уравнение массопроводности

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №26**

1. Учет влияния перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи.
2. Выбор скорости движения фаз, расчет диаметра массообменного аппарата и его высоты через коэффициенты массопередачи и ВЕП

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №27**

1. Массопередача с участием твердой фазы. Уравнение массопроводности.
2. Расчет высоты массообменных аппаратов через число действительных тарелок аналитическим методом.

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №28**

1. Равновесие абсорбции при высоких давлениях и наличии разбавленных растворов. Влияние паров поглотителя на равновесие.
2. Расчет высоты массообменных аппаратов через число действительных тарелок графическим методом.

### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПК-4: ИПК-4.1, ИПК- 4.2, ИПК-4.3):**

1. Виды процессов массообмена. Массопередача и массоотдача.
2. Способы выражения состава фаз в процессах массообмена.

3. Правило фаз Гиббса и линии равновесия при массопередаче.
4. Уравнения рабочих линий и направление процессов массопередачи.
5. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия и I-ый закон Фика.
6. Тurbulentная диффузия.
7. Дифференциальное уравнение установившегося массообмена в движущейся среде.
8. Дифференциальное уравнение неустановившегося массообмена в движущейся среде и молекулярная диффузия.
9. Механизм массопередачи.
10. Плёночная модель массопередачи.
11. Модель диффузионного пограничного слоя для массопередачи.
12. Уравнения и коэффициенты массоотдачи.
13. Подобие граничных условий переноса массы. Диффузионный критерий Нуссельта.
14. Подобие переноса массы в ядре потока. Диффузионные критерии Фурье, Пекле и Прандтля.
15. Критериальные уравнения массоотдачи.
16. Уравнения и коэффициенты массопередачи.
17. Связь коэффициентов массопередачи и массоотдачи.
18. Объемные коэффициенты массопередачи и массоотдачи.
19. Средняя движущая сила массопередачи.
20. Число единиц переноса при массопередаче и его связь с числом единиц переноса фаз.
21. Графические методы определения числа единиц переноса.
22. Высота единицы переноса (ВЕП).
23. Коэффициент извлечения (обогащения)
24. Связь числа единиц переноса и коэффициента извлечения (обогащения).
25. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи.
26. Учет влияния перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи.
27. Выбор скорости движения фаз, расчет диаметра массообменного аппарата и его высоты через коэффициенты массопередачи и ВЕП.
28. Расчет высоты массообменных аппаратов через число действительных тарелок аналитическим методом.
29. Расчет высоты массообменных аппаратов через число действительных тарелок графическим методом.
30. Расчет высоты массообменных аппаратов методом теоретических тарелок. Высота, эквивалентная теоретической тарелке (ВЭТТ).
31. Массопередача с участием твердой фазы. Уравнение массопроводности.
32. Дифференциальное уравнение массопроводности и его подобные преобразования. Обобщенное критериальное уравнение массопроводности.
33. Виды абсорбции. Равновесие абсорбции. Закон Генри.
34. Равновесие абсорбции при высоких давлениях и наличии разбавленных растворов. Влияние паров поглотителя на равновесие.
35. Материальный баланс абсорбции. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата.
36. Тепловой баланс абсорбции.
37. Скорость физической абсорбции.
38. Скорость процесса хемосорбции.
39. Поверхностные (простые, оросительные и пластинчатые) абсорбера.
40. Конструкция и принцип действия насадочных абсорбиров.
41. Гидродинамические режимы работы насадочных абсорбиров.
42. Виды насадок абсорбиров.
43. Принцип работы тарельчатых абсорбиров со сливными устройствами.
44. Гидродинамические режимы работы тарельчатых абсорбиров.
45. Определение рабочих скоростей газов в тарельчатых абсорберах.

46. Конструкции ситчатых и колпачковых абсорберов.
47. Абсорбера с клапанными, балластными и пластинчатыми тарелками.
48. Абсорбера без сливных устройств.
49. Устройство распыливающих абсорберов (полого, Вентури и роторного центробежного).
50. Общие принципы расчета абсорбера.
51. Схема расчета пленочных абсорберов.
52. Расчет насадочных абсорберов.
53. Схема расчета тарельчатых абсорберов.
54. Десорбция.
55. Схемы одноступенчатой абсорбции.
56. Многоступенчатая абсорбция с рециркуляцией жидкости и с блоком десорбции.