

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич  
Должность: Проректор по образовательной деятельности  
Дата подписания: 27.05.2026 09:47:55  
Уникальный программный ключ:  
790a1a8df2525774421adc1fc964340e902b460

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»  
(Университет Вернадского)**

Принято Ученым советом  
Университета Вернадского  
«26» марта 2026 г. протокол № 8



**Рабочая программа дисциплины**

**Моделирование биотехнологических процессов**

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология  
Направленность(профиль) программы: Биотехнология пищевых  
производств

Форма обучения: заочная

Балашиха 2026 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОСВО по направлению подготовки 19.03.01–  
Биотехнология  
Рабочая программа дисциплины разработана к.с.-х.н , доцентом кафедры Экологии и биоресурсов  
Кабачковой Н.В.

Рецензент: Рецензент: доктор биологических наук, профессор, зав.кафедрой охотоведения и  
биоэкологи Университета Вернадского Еськова М.Д.

**1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций**

**1.1. Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной**

Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
<b>Профессиональная компетенция</b> ПК-4- Способен оперативно управлять биотехнологическим производством для пищевой промышленности с целью обеспечения качества и безопасности продуктов питания в соответствии с действующими нормативами	
<b>ИД-1</b> пк4Использует знания о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности	<b>Знать(З):</b> о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности <b>Уметь(У):</b> использовать знания о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности <b>Владеть(В):</b> знаниями о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности
<b>ИД-2</b> пк4Анализирует свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности	<b>Знать(З):</b> свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности <b>Уметь(У):</b> анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности <b>Владеть(В):</b> способностями анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности
<b>ИД-3</b> пк4Демонстрирует навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности	<b>Знать(З):</b> навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности <b>Уметь(У):</b> демонстрировать навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности <b>Владеть(В):</b> навыками владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности

**2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Моделирование биотехнологических процессов относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования 19.03.01 – Биотехнология, профиль – Биотехнология пищевых производств.

**Цель:** готовность использовать методы математического моделирования материалов и технологических процессов, готовностью к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.

**Задачи дисциплины:**

- изучение организации биотехнологического производства; производственного процесса

и принципов организации, типов, форм методов организации производства; системы управления биотехнологическими процессами; новые научные решения, определяющие прогресс биотехнологии на современном этапе; математические модели биопроцессов;

- строить эмпирические модели с использованием пакетов программ статистической обработки данных. готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.

- демонстрировать навыки и опыт деятельности в совершенствовании биопроцесса;

- освоение в моделировании и масштабировании биотехнологического процесса;

управления технологическими системами и методами регулирования биотехнологических процессов и проведения химического, биохимического анализа и метрологической оценки их результатов.

**3. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий, текущий и промежуточный контроль по дисциплине) и на самостоятельную работу обучающихся**

### 3.1 Заочная форма обучения

Вид учебной работы	8 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц	5
<b>часов</b>	<b>180</b>
<b>Аудиторная (контактная) работа, часов</b>	<b>24,3</b>
в т.ч. занятия лекционного типа	8
занятия семинарского типа	16
промежуточная аттестация	0,3
<b>Самостоятельная работа обучающихся, часов</b>	<b>146,7</b>
в т.ч. (курсовая работа)	20
<b>Контроль</b>	<b>9</b>
Вид промежуточной аттестации	экзамен

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций**

Очно-заочная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код компетенции
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы		
<b>Раздел 1. Моделирование биотехнологических процессов</b>	<b>75,7</b>	<b>12</b>	<b>63,7</b>	Тестирование	ПК-4
Тема 1.1. Моделирование биотехнологических	38	6	32		

процессов					
Тема 1.2. Методология компьютерного моделирования	37,7	6	31,7		
<b>Раздел 2. Модели биотехнологических процессов</b>	<b>75</b>	<b>12</b>	<b>63</b>		ПК-4
Тема 2.1. Модели биотехнологических процессов	37	6	31	Тестирование	
Тема 2.2. Кинетика биотехнологических процессов	38	6	32		
Курсовая работа	<b>20</b>		<b>20</b>		
<b>Итого за семестр</b>	<b>170,7</b>	<b>24</b>	<b>146,7</b>		
<b>Итого за курс</b>	<b>170,7</b>	<b>24</b>	<b>146,7</b>		
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>9,3</b>	<b>0,3</b>	<b>9</b>	Тестирование	
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>24,3</b>	<b>155,7</b>		

#### 4.2 Содержание дисциплины по разделам

##### Раздел 1. Моделирование биотехнологических процессов

**Цель** – является формирование систематизированных знаний в области современного программного обеспечения для проектирования и расчета технологических процессов и оборудования биотехнологических производств; методов моделирования биотехнологических процессов

**Задачи** – формирование базовых знаний, умений и навыков для успешного освоения различных методов моделирования биотехнологических процессов

##### **Перечень учебных элементов раздела:**

##### **Тема 1.1. Моделирование биотехнологических процессов**

Введение. Общие сведения о математическом моделировании. Компьютерное моделирование.

##### **Тема 1.2. Методология компьютерного моделирования**

Организация процесса компьютерного моделирования. Этапы компьютерного моделирования. Модель-алгоритм-программа. Адекватность модели. Аспекты компьютерного моделирования. Классификация методов построения математических моделей.

##### Раздел 2. Модели биотехнологических процессов

**Цель** – является формирование систематизированных знаний в области прикладных программ для проектирования технологических процессов производства биотехнологической продукции; разрабатывать модели биотехнологических процессов и методы расчета технологических параметров

**Задачи** – формирование базовых знаний, умений и навыков для успешной разработки модели биотехнологических процессов и методов расчета технологических параметров

##### **Перечень учебных элементов раздела:**

##### **Тема 2.1. Модели биотехнологических процессов**

Основные виды биохимической деятельности микробъектов. Синергетический подход. Клеточные автоматы. "Черный ящик".

## Тема 2.2. Кинетика биотехнологических процессов

### Перечень учебных элементов раздела:

Модель Кобозева. Модель Блэкмана. Модель Моно.

Модель Мозера. Модель Перта. Модель Андрюса.

Модель Хиншельвуда. Модель Иерусалимского. Модель Бергтера.

Модель частично ингибирующего продукта.

Модель стимулирующего продукта.

### 5. Оценочные материалы по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

## 6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц, режим доступа
	1. Методические рекомендации для изучения дисциплины
	Biochemiepracticum/MaximZakhartsev.MolekulareBiotechnologen/IPMB. Universitat,2011.–22p. Микробиологический практикум в 2 частях : учебно-методическое пособие / Г.С. Са-кович,М.А.Безматерных.Екатеринбург:УрФУ,2013.Ч.1. 90с. Микробиологический практикум в 2 частях : учебно-методическое пособие / Г.С. Сакович,М.А.Безматерных.Екатеринбург:УрФУ,2013.Ч.2. 92с.

### 6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины \*

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС)\*\*:

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС
Основная:		
1.	J.Villadsen,J.Nielsen,G.Liden.Bioreactionengineeringprinciples,Springer,2011	
2.	E.Klipp,W.Liebermeister,C.Wierling,A.Kowald,H.Lehrach,R.Herwig.SystemsBiolo-gy,Wiley-VCH VerlagGmbH&Co.KGaA,2009.	
3.	БезбородовА.М.Ферментативныепроцессывбиотехнологии/А.М.Безбородов,Н.А. Загустина, В.О. Попов; Ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН. – М.: Наука, 2008. –335с.	
4.	O. Demin, I.Goryanin. Kinetic modeling in Systems Biology, Chapman and Hall/CRC,2008.	
5.	Промышленнаядезинфекцияиантисептика:уч.пос./В.А.Галыкинидр.– СПб.:Проспектнауки,2008.–232с.	

6.	Биотехнология: теория и практика: Учеб. пособие для вузов / Н.В. Загоскина, Л.В.Назаренко, Е.А. Калашникова, Е.А. Живухина; Под ред. Н.В. Загоскиной, Л.В. Назаренко.– М.:ИздательствоОникс,2009.–496с.	
7.	Биотехнология:учебник/ подред.Е.С.Воронина.–СПб.:Гиорд,2008.–704 с.	
Дополнительная		
1.	БирюковВ.В.Основыпромышленнойбиотехнологии./В.В.БирюковМ.:КолосС,2004.–296с.	
2.	Дж.Бейли,Д.Оллис.Основыбиохимическойинженерии.Персангл.В2-хчастях.Ч.1./М.:Мир,1989.–692с.	
3.	Дж.Бейли,Д.Оллис.Основыбиохимическойинженерии.Персангл.В2-хчастях.Ч.2./М.:Мир,1989.–692с.	
4.	Cornish-Bowden.Fundamentalsenzymekinetics.3 <sup>rd</sup> edition.PortlandPress,2004.	
5.	C.Ratledge,B.Kristiansen.BasicBiotechnology.CambridgeUniversityPress,2006.	
8.	G.N.Stephanopoulos,A.A.Aristidou,J.Nielsen.Metabolicengineering:Principlesandmethodologies,Sandiego:AcademicPress,1998.	
7.	M.J.Waites, N.L.Morgan, J.S.Rockey, G. Higton. Industrial Microbiology:An Introduction.Wiley,2001.	
8.	D.Fell. Understandingthecontrolofmetabolism.London:PortlandPressLtd., 1997.	
9.	M.J.Waites, N.L.Morgan, J.S.Rockey, G. Higton. Industrial Microbiology:An Introduction.Wiley,2001.	
10.	J.A. Roels. Energeticsandkinetics inbiotechnology.ElsevierBiomedicalPress, 1983.	
11.	М.Н. Манаков, Д.Г. Победимский. Теоретические основы технологии микробиологических производств. / М.Н. Манаков, Д.Г. Победимский. М. : Агропромиздат, 1990.272с.	
12.	ЕгоровН.С.Основыученияобантибиотиках:Учебник.6-еизд.,перераб.идоп./Н.С.Егоров.М.:Изд-воМГУ;Наука,2004.–528с.	
13.	Сазыкин Ю.О. Биотехнология./ Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева; под ред.А.В.Катлинского.–М.:Издательскийцентр «Академия»,2006.–256с.	
14.	Современнаямикробиология.Прокариоты:В2-хтомах.Т1.Пер.сангл./Подред.Й.Ленгелера,Г.Древса,Г. Шлегеля.М.:Мир,2005.–656с.	
15.	Современнаямикробиология.Прокариоты:В2-хтомах.Т2.Пер.сангл./Подред.Й.Ленгелера,Г.Древса,Г. Шлегеля.М.:Мир,2005.–496с.	
16.	Основы биотехнологических процессов : учебно-методическое пособие / И.В. Тихонов, Е.С. Воронин, Т.Н. Грязнева и др. М.:Московская государственная академия ветеринарноймедициныибиотехнологии,2001.–56с.	

17	Основы биотехнологии: Учебно-методическое пособие / А.С. Сироткин, Р.К. Закиров, Г.И. Шагинурова, Л.В. Лопухов, В.Б., Жукова, С.А. Александровский; Казан. гос. тех.-нол.ун-т. Казань, 2006. 100с.	
----	--	--

### 6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов \*

№ п/п	Электронный образовательный ресурс	Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ)
1	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]	<a href="http://nlr.ru/lawcenter_rnb">http://nlr.ru/lawcenter_rnb</a>
2	Рос Кодекс. Кодексы и Законы РФ [Электронный ресурс]	<a href="http://www.roskodeks.ru/">http://www.roskodeks.ru/</a>
3	Всероссийская гражданская сеть	<a href="http://www.vestnikcivitas.ru/">http://www.vestnikcivitas.ru/</a>
	1. <u>официальный сайт крупнейшего российского информационного портала в области науки, технологии, медицины и образования.</u> 2. - <u>Федеральный портал «Российское образование».</u> 3. - <u>Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».</u> 4. научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access). 5. Международная информационная система по сельскохозяйственным наукам и технологиям. 6. официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.	<a href="https://www.elibrary.ru/">https://www.elibrary.ru/</a>  <a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a> <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>  <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>  <a href="https://agris.fao.org/agris-search/index.do">https://agris.fao.org/agris-search/index.do</a>  <a href="https://agris.fao.org/agris-search/index.do">https://agris.fao.org/agris-search/index.do</a>
	7. Сайт о биотехнологии (открытый доступ)	<a href="http://www.mosbiotechworld.ru">http://www.mosbiotechworld.ru</a>
	8. Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (открытый доступ)	<a href="http://cbio.ru">http://cbio.ru</a>

### 6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

1. Договор о подключении к Национальной электронной библиотеке и предоставлении доступа к объектам Национальной электронной библиотеки №101/НЭБ/0502-п от 26.02.2020 5 лет с пролонгацией

2. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 27.04.2016 бессрочно

3. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 02.03.2020 бессрочно

4. Информационно-справочная система «Гарант» – URL: <https://www.garant.ru/>  
Информационно-справочная система Лицензионный договор № 261709/ОП-2 от 25.06.2021

5. «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/> свободный доступ

6. Электронно-библиотечная система AgriLib<http://ebs.rgunh.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014).

7. Единая профессиональная база Знание для аграрных вузов. Электронное издательство ЛАНЬ. [ЭБС Лань](#) Лицензионный договор № 17 от 15 марта 2024 г., срок действия 1 год

**Доступ к электронной информационно-образовательной среде, информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Система дистанционного обучения Moodle [www.portfolio.rgunh.ru](http://www.portfolio.rgunh.ru) (свободно распространяемое)

2. Право использования программ для ЭВМ MirapolisHCM в составе функциональных блоков и модулей: Виртуальная комната.

3. Инновационная система тестирования – программное обеспечение на платформе 1С (Договор № К/06/03 от 13.06.2017). Бессрочный.

4. Образовательный интернет – портал Российского государственного аграрного заочного университета (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-51402 от 19.10.2012).

**Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение**

1. OpenOffice – свободный пакет офисных приложений (свободно распространяемое)

2. linuxmint.com <https://linuxmint.com/> (свободно распространяемое)

3. Электронно-библиотечная система AgriLib<http://ebs.rgunh.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620472 от 21.03.2014) собственность университета.

4. Официальная страница Университета Вернадского <https://vk.com/rgunh> (свободно распространяемое)

5. Антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite (Сублицензионный договор № 13740 на передачу неисключительных прав на программы для ЭВМ от 01.07.2021).

*Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения\*\**

Предназначение помещения (аудитории)	Наименование корпуса, № помещения (аудитории)	Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*
<i>Для занятий лекционного типа</i>	Учебно-лабораторный корпус. Каб. 202.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий (поточная). Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, люксметр Ю-116, анемометр SmartsensorAR856, психрометр SmartsensorAZ508, шумомер SmartsensorAR854
<i>Для занятий семинарского типа, групповых консультаций, промежуточной аттестации</i>	Учебно-административный корпус. Каб. 202.	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), для проведения групповых консультаций и индивидуальной работы обучающихся с педагогическими работниками, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, люксметр Ю-116, анемометр SmartsensorAR856, психрометр SmartsensorAZ508, шумомер SmartsensorAR854

<p><i>Для самостоятельной работы</i></p>	<p>Учебно-административный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Читальный зал</p>	<p>Персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета</p>
--	--	---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**  
(Университет Вернадского)

**Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной  
аттестации обучающихся по дисциплине  
Моделирование биотехнологических процессов**

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) программы Биотехнология пищевых производств

Квалификация: бакалавр

Форма обучения: заочная

Балашиха 2026 г.

## 1. Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

Код и наименование компетенции	Уровень освоения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
<p><b>Профессиональная компетенция ПК-4</b> Способен оперативно управлять биотехнологическим производством для пищевой промышленности с целью обеспечения качества и безопасности продуктов питания в соответствии с действующими нормативами</p>	<p><b>Пороговый (удовлетворительно)</b></p>	<p><b>Знает:</b> о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p> <p><b>Умеет:</b> использовать знания о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; демонстрировать навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеет:</b> знаниями о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; способностями анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыками владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p>	<p>Коллоквиум, итоговое тестирование</p>
	<p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p>	<p><b>Твердо знает:</b> о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности</p>	

		<p>промышленности в профессиональной деятельности</p> <p><b>Уверенно умеет:</b>использовать знания о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; демонстрировать навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p> <p><b>Уверенно владеет:</b>знаниями о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; способностями анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыками владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p>	
	<p><b>Высокий (отлично)</b></p>	<p><b>Сформировавшееся систематические знания:</b>о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое умение:</b>использовать знания о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; демонстрировать навыки владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p>	

		<p><b>Сформировавшееся систематическое владение:</b>знаниями о технологических процессах биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности; способностями анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса в рамках принятой в организации технологии производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности; навыками владения технологическими процессами биотехнологической продукции для пищевой промышленности в профессиональной деятельности</p>	
--	--	---	--

## 2. Описание шкал оценивания

### 2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

Форма текущего контроля	Отсутствие усвоения (ниже порогового)*	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение курсовой работы	не выполнена или все задания решены неправильно	Решено более 50% задания, но менее 70%	Решено более 70% задания, но есть ошибки	все задания решены без ошибок

### 2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен, курсовая работа)

Форма промежуточной аттестации	Отсутствие усвоения (ниже порогового)	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение итоговых тестов (не менее 15 вопросов на вариант)	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более

<p>Выполнение курсовой работы</p>	<p>не показал умение собирать и систематизировать информацию из теоретических источников, анализировать практический материал, не овладел методикой исследования, не проявил творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах, не аргументировал предложения, не соблюдал все требования к оформлению курсовой работы и сроков ее исполнения.</p>	<p>показал умение собирать информацию из теоретических источников, анализировать практический материал для иллюстраций теоретических положений, недостаточно овладел методикой исследования, не проявил творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах, не аргументировал предложения, не соблюдал все требования к оформлению курсовой работы и сроков ее исполнения.</p>	<p>показал умение собирать и систематизировать информацию из теоретических источников, анализировать и грамотно использовать практический материал для иллюстраций теоретических положений, проявил творческий подход и самостоятельность в анализе, недостаточно аргументировал выводы и предложения, не соблюдал все требования к оформлению курсовой работы и сроков ее исполнения.</p>	<p>показал умение собирать и систематизировать информацию из теоретических источников, анализировать и грамотно использовать практический материал для иллюстраций теоретических положений, проявил творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах, аргументировал предложения, соблюдал все требования к оформлению курсовой работы и сроков ее исполнения.</p>
-----------------------------------	--	---	--	---

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**Примерная тематика самостоятельной работы**

**Примерный перечень тем самостоятельных работ**

*Самостоятельная работа №1 «Повышение выхода продукта и производительности»*

1. Микробиологическое получение витамина В<sub>12</sub>.
2. Производство этанола (из древесины).
3. Микробиологическое получение L-лизина.
4. Получение тетрациклина сульфата.
5. Микробиологическое получение β-каротина.
6. Производство кормовых дрожжей.
7. Микробиологическое получение рибофлавина.
8. Биосинтез пропионовой кислоты.
9. Получение эритромицина.
10. Получение бензилпенициллина.
11. Получение цефалоспоринов.
12. Производство уксуса.
13. Биосинтез альгиновой кислоты.
14. Получение α-амилазы.
15. Микробиологическое получение L-триптофана.
16. Производство молочной кислоты.
17. Получение аскорбиновой кислоты.
18. Получение ацетона и бутанола

*Самостоятельная работа №2*

*2 «Оптимизация многокомпонентной среды. Статистическая обработка результатов»*

1. Подбор питательных сред для получения биомассы дрожжей
2. Подбор питательных сред для получения лимонной кислоты
3. Подбор питательных сред для получения L-лизина
4. Подбор питательных сред для получения нитрифицирующих бактерий
5. Подбор питательных сред для получения тионовых бактерий
6. Подбор питательных сред для получения ферментов (по классам)
7. Подбор питательных сред для получения витаминов

**Примерная тематика контрольных работ**

- Транспортные реакции, реакции, питающие энергетический метаболизм;
- Потоки и сети центрального метаболизма дрожжей в течение аэробного «batch» культивирования на глюкозе и непрерывного культивирования с лимитом по глюкозе, при  $D=0,1 \text{ ч}^{-1}$ .

**Примерная тематика коллоквиумов**

- Массопередача кислорода в процессе культивирования.

- Постановка эксперимента матрице планирования.
- Хемостатное культивирование микроорганизмов.

## **Перечень примерных тем курсовых работ**

1. Моделирование и проектирование микробиологического синтеза аминокислот.
2. Моделирование и проектирование стадий биосинтеза антибиотиков макролидов.
3. Моделирование и проектирование стадий химической очистки антибиотиков макролидов.
4. Моделирование и проектирование стадий биосинтеза антибиотиковаминогликозидного ряда.
5. Моделирование и проектирование стадий химической очистки антибиотиковаминогликозидного ряда.
6. Моделирование и проектирование процесса получения полусинтетических пенициллинов.
7. Моделирование и проектирование процессов получения полусинтетических цефалоспоринов.
8. Моделирование и проектирование процессов микробиологического получения органических кислот.
9. Моделирование и проектирование химико-ферментативного синтеза аминокислот.
10. Моделирование и проектирование процессов биосинтеза витаминов (провитамин В).
11. Моделирование и проектирование процессов биотрансформации стероидов.
12. Моделирование и проектирование процессов биосинтеза клинического декстрана.
13. Моделирование и проектирование процессов получения пива.
14. Моделирование и проектирование процессов получения безалкогольного пива.
15. Моделирование и проектирование процессов получения кисломолочных продуктов В.
16. Моделирование и проектирование процессов получения густителей и подсластителей.
17. Моделирование и проектирование процессов получения пищевого спирта из крахмалосодержащего сырья.
18. Моделирование и проектирование процессов биологической очистки сточных вод.
19. Моделирование и проектирование процессов утилизации осадков.
20. Оптимизация ферментационных сред получения первичных и вторичных метаболитов.

## **Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

- В процессе биосинтеза антибиотиков большое значение имеет содержание углерода, азота и фосфора в питательной среде. Как влияет изменение содержания этих веществ на процесс биосинтеза вторичных метаболитов, и на процесс ферментации в целом.
- На современном лекарственном рынке широко представлены такие антибиотики как стрептомицин, неамицин, гентамицин, амикацин. Определите путь биосинтеза этих антибиотиков. Определите промышленный штамм по генотипическим и фенотипическим признакам.
- Укажите требования к продуцентам при производстве пробиотиков (нормофлоров).
- На фармацевтическом рынке имеется большое количество полусинтетических

- пенициллинов. Определите целесообразность увеличения номенклатуры полусинтетических пенициллинов на примере цефамицина, имипенема, монобактама-азтреонама.
- Приведите сравнительную характеристику глубинной и поверхностной ферментации антибиотиков с т.з. развития промышленного способа производства и аппаратурного оформления
  - Что такое система внутриклеточного транспорта и секреции конечных продуктов у микроорганизмов?
  - В процессе ферментации растительных клеток для увеличения выхода целевого продукта (например, шиконина) было предложено значительно увеличить объем ферментера (более 2000 л), использовать трехлопастную мешалку, увеличить подачу кислорода и повысить влажность с 50 % до 60–70%. Определите какие ошибки были допущены при выборе условий ферментации.
  - При определении каталитической активности панкреатической липазы из поджелудочной железы свиньи, гидролизующей подсолнечное масло, были получены следующие данные:

$S, M$	5	10	20	40	60	80
$V, \text{ мМоль/мин}$	6,7	10	13,3	16	17,15	17,8

По этим данным определите графически путем – методом Иди-Хофсти и методом Эй-зенталя и Корниш\_Боудена константы уравнения Михаэлиса-Ментен ( $K_m$  и  $V_{max}$ ).

### **Примерный перечень тем для самостоятельных работ**

- Расчет сушеварочного котла.
- Определение оптимальных параметров в гомогенизации молока.
- Расчет газо-вихревого биореактора.
- Определение оптимальных параметров непрерывной стерилизации молока ультразвуком.
- Расчет материального баланса производства кефира.
- Расчет энергетического баланса производства ячменного пива.
- Моделирование процесса дозревания кефира.
- Расчет скорости массопередачи в пленочных испарителях.
- Вычисление степени отработки материала при производстве пивного сусле.
- Расчет центрифуг для осветления культуральных жидкостей.

### **Примерная тематика контрольных работ**

- Расчет процесса растворения с помощью критерияльных уравнений.
- Определение оптимальных параметров перемешивания в реакторе периодического действия.
- Порядок расчета объема реактора периодического действия.
- Определение оптимальных параметров проведения процессов в реакторе непрерывного действия идеального вытеснения.
- Порядок расчета материального баланса биотехнологических процессов.
- Порядок расчета энергетического баланса биотехнологических процессов.
- Моделирование процессов теплопереноса.
- Определение поверхностного теплообмена в теплообменных устройствах.
- Методика подбора теплообменного оборудования на заданную мощность производства.
- Расчет скорости подачи теплоносителя в теплообменные устройства.

### **Примерная тематика коллоквиумов**

- Выбор материалов для биореакторов.

- Конструктивные особенности биореакторов.
- Гарнитура ферментаторов.
- Массоперенос при производстве пива.
- Теплообменные устройства, классификация, особенности использования в пищевой биотехнологии.
- Пленочные испарители, применение в производстве пищевых продуктов.
- Методы сушки пищевых продуктов.
- Конструктивные особенности биореакторов для производства пива.
- Стандартизация молочного сырья при производстве кисломолочных продуктов.
- Методы расчета материального баланса биотехнологического производства.
- Особенности расчета энергетического баланса пищевых производств.
- Мембранные технологии в пищевых производствах.
- Методы оптимизации аппаратурных схем производства.
- Новые технологии получения продуктов пищевой биотехнологии.

### **Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

1. Необходимо определить объем емкостного реактора периодического действия для получения 60 тонн/сут 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Производственный цикл включает загрузку воды в течение 20 мин, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью в течение 10 мин. Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса  $2 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $450 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент заполнения реактора 0,8, конечная плотность реакционной смеси  $1070 \text{ кг/м}^3$ .
2. Необходимо рассчитать количество емкостных реакторов периодического действия объемом  $6,3 \text{ м}^3$  для получения 150 тонн/сут 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ , растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 3 мм, скорость массопереноса  $1,2 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $350 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент заполнения реактора 0,8, конечная плотность реакционной смеси  $1070 \text{ кг/м}^3$ .
3. Необходимо определить производительность емкостного реактора периодического действия объемом  $10 \text{ м}^3$  для получения 10 % раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ , растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса  $0,8 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $300 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент заполнения реактора 0,8, конечная плотность реакционной смеси  $1070 \text{ кг/м}^3$ .
4. Необходимо определить максимальный размер частиц для получения 80 тонн/сут 8% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в емкостном реакторе периодического действия объемом  $10 \text{ м}^3$ . Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ , растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Скорость массопереноса  $2 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $400 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент заполнения реактора 0,8, конечная плотность реакционной смеси  $1050 \text{ кг/м}^3$ .
5. Необходимо определить минимальную скорость массообмена для получения 50 тонн/сут 10 % раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в емкостном реакторе периодического действия объемом  $6,3 \text{ м}^3$ . Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, разница концентраций при массопереносе  $300 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент заполнения реактора

- 0,8, конечная плотность реакционной смеси  $1070 \text{ кг/м}^3$ .
6. Необходимо определить длину трубчатого реактора непрерывного действия для получения 10 % раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ , разница концентраций при массопереносе  $450 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси  $0,5 \text{ м/с}$ .
  7. Необходимо рассчитать количество секций трубчатого реактора непрерывного действия длиной 6 м для получения 15 % раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса  $3 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ , разница концентраций при массопереносе  $500 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси  $0,1 \text{ м/с}$ .
  8. Необходимо определить скорость реакционной смеси в трубчатом реакторе непрерывного действия длиной 60 м для получения 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре. Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 1 мм, скорость массопереноса  $8 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ , разница концентраций при массопереносе  $550 \text{ кг/м}^3$ .
  9. Необходимо определить максимальный размер частиц для получения 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в трубчатом реакторе непрерывного действия длиной 120 м. Скорость массопереноса  $3 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ , разница концентраций при массопереносе  $450 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси  $0,4 \text{ м/с}$ .
  10. Необходимо определить минимальную скорость массообмена для получения 12% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре в трубчатом реакторе непрерывного действия длиной 90 м. Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 1 мм, разница концентраций при массопереносе  $350 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси  $0,3 \text{ м/с}$ .
  11. Рассчитать время необходимое для охлаждения 2700 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=1900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  в реакторе с поверхностью теплообмена  $12 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=320 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Начальная температура  $65^\circ\text{C}$ , конечная  $0^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $40^\circ\text{C}$ .
  12. Рассчитать площадь поверхности необходимую для охлаждения 3200 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=3300 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  за 3 часа с коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=300 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Начальная температура  $15^\circ\text{C}$ , конечная  $-25^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $5^\circ\text{C}$ .
  13. Рассчитать минимальный коэффициент теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси необходимый для охлаждения 3 тонн реакционной смеси с теплоемкостью  $c=2200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  в реакторе с поверхностью теплообмена  $10 \text{ м}^2$  за 1,5 часа. Начальная температура  $100^\circ\text{C}$ , конечная  $40^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $15^\circ\text{C}$ .
  14. Рассчитать минимальную разницу температур теплоносителя и реакционной смеси необходимую для охлаждения 6 тонн реакционной смеси с теплоемкостью  $c=4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  в реакторе с поверхностью теплообмена  $25 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=250 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  за 2 часа. Начальная температура  $75^\circ\text{C}$ , конечная  $35^\circ\text{C}$ .
  15. Рассчитать изменение температуры при охлаждении 5600 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=1300 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  в реакторе с поверхностью теплообмена  $25 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=350 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  за 1 час при средней разнице температур теплоносителя и реакционной смеси  $35^\circ\text{C}$ .

16. Рассчитать время необходимое для нагрева 3500 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=2200$  Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена  $15 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=450$  Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ). Начальная температура  $5^\circ\text{C}$ , конечная  $95^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $30^\circ\text{C}$ .
17. Рассчитать площадь поверхности необходимую для нагрева 6200 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=2700$  Дж/(кг·К) за 4 часа с коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=220$  Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ). Начальная температура  $10^\circ\text{C}$ , конечная  $55^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $15^\circ\text{C}$ .
18. Рассчитать минимальный коэффициент теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси необходимый для нагрева 85 тонн реакционной смеси с теплоемкостью  $c=3300$  Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена  $40 \text{ м}^2$  за 5 часов. Начальная температура  $25^\circ\text{C}$ , конечная  $75^\circ\text{C}$ , средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси  $20^\circ\text{C}$ .
19. Рассчитать минимальную разницу температур теплоносителя и реакционной смеси необходимую для нагрева 7200 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=2900$  Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена  $25 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=350$  Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) за 3 часа. Начальная температура  $20^\circ\text{C}$ , конечная  $85^\circ\text{C}$ .
20. Рассчитать изменение температуры при нагреве 4200 кг реакционной смеси с теплоемкостью  $c=3800$  Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена  $18 \text{ м}^2$  и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси –  $K=330$  Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) за 1 час при средней разнице температур теплоносителя и реакционной смеси  $15^\circ\text{C}$ .

## Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Метаболическая инженерия в решении проблемы создания новых продуктов микро-биологического синтеза.
2. Клеточный метаболизм: транспортные реакции; реакции, питающие энергетический метаболизм; реакции биосинтеза; полимеризация; биохимия метаболических путей.
3. Стехиометрия клеточных реакций: динамический баланс масс, коэффициенты выхода и линейные уравнения скорости.
4. Метаболическая инженерия в аспекте проблем физиологии клетки.
5. Моделирование по принципу чёрного ящика, элементарный баланс, баланс степени восстановленности.
6. Тепловой баланс, систематический анализ стехиометрии.
7. Энергетика роста, энергетика аэробных и анаэробных процессов, метаболические потоки и их измерение.
8. Регулирование активности ферментов, регулирование концентрации фермента, глобальное регулирование, регулирование метаболических сетей.
9. Элиминирование или уменьшение образования побочных продуктов микробиологического синтеза.
10. Структуры с использованием измеряемых скоростей, использование меченых субстратов, переопределенные системы, недоопределенные системы, линейное программирование, анализ чувствительности.
11. Производство аминокислот бактериями, биохимия и регуляция, теоретический выход, МФА биосинтез лизина.
12. Ферментативная кинетика, основанная на модели Михаэлиса-Ментена.
13. Сложная ферментативная кинетика, основы МСА, коэффициенты контроля и теоремы суммирования, коэффициенты эластичности, соединительные теоремы,

обобщенные теоремы МСА, определение контрольных коэффициентов, прямые и косвенные методы, МСА линейных путей, МСА разветвленных путей.

14. Структура кинетических моделей. Неструктурированные кинетические модели роста, простые структурированные модели.

15. Уравнение баланса популяции.

16. Увеличение выхода биомассы или продуктивности клеток.

17. Принципы биологической термодинамики: термодинамическая осуществимость, химическое равновесие и термодинамика состояний, изменение свободной энергии и эн-тальпии, изменение свободной энергии в биореакциях, теплота реакции, производство АТФ.

18. Стационарные режимы, бэтч и фэд-бэтч процессы, нестационарные режимы, реакторы поршневым потоком.

19. Проектирование биотехнологических процессов (антибиотиков, полисахаридов, витаминов, органических кислот, растворителей).

20. Методы управления технологическими режимами подходы к масштабированию.

21. Основные виды и типы оборудования химического и биотехнологического производства. Классификация аппаратуры, критерии выбора основного и вспомогательного оборудования.

22. Химические реакторы. Общее устройство, типы и виды исполнения корпусов. Типовые корпуса и оснастка реакторов и вспомогательных емкостей. Способы установки и закрепления корпусов аппаратов.

23. Гарнитура емкостных сосудов и аппаратов. Штуцеры и фланцевые уплотнения, бобышки, люки, смотровые окна, указатели уровня.

24. Организация теплообменных процессов в химических реакторах, критерии выбора теплоносителя.

25. Перемешивающие устройства в химических реакторах. Критерии выбора и расчет мешалок. Конструкции и способы крепления мешалок.

26. Уплотнения валов мешалок, конструктивные особенности и критерии выбора. Аппараты с герметичным приводом.

27. Импульсные методы перемешивания. Общая характеристика (преимущества/недостатки) этих методов. Устройство и принципы работы гидродинамического пульсатора, пневматической пульсационной установки и электроимпульсного аппарата.

28. Интенсификация тепло- и массообменных процессов с помощью ультразвука. Устройство и принципы работы ультразвуковых излучателей.

29. Использование высокочастотного излучения для интенсификации сушки в химических производствах.

30. Проведение процессов в тонкой пленке. Устройство и принципы работы установок с стационарными и принудительным образованием пленки.

31. Автоклавы, классификация, принципы работы. Гарнитура автоклавов, предохранительные устройства.

32. Особенности устройства биореакторов, классификация. Барботажные устройства, конструктивные особенности, расчет. Способы пеногашения в биореакторах.

33. Основные типы фильтровального оборудования. Критерии выбора фильтровального оборудования. Устройство и принцип работы друк-, нутч-фильтров, патронных филь-тров и фильтр-прессов.

34. Разделение суспензий в гравитационном и центробежном поле. Классификация промышленных центрифуг для разделения суспензий.

35. Фильтровальная аппаратура непрерывного действия. Устройство и принцип работы барабанных и ленточных фильтров, а также ленточных фильтр-прессов.

36. Сушка в химико-фармацевтической промышленности. Типы сушилок и их

преимущества/недостатки, критерии выбора.

37. Технологические трубопроводы. Основные стандарты и классификация трубопроводов, материалы, способы соединения и монтажа трубопроводов.

38. Трубопроводная арматура. Классификация, устройство и принцип работы (все типы, рассматриваемые в лекциях).

39. Перемещение материалов в химико-фармацевтической промышленности. Способы транспортировки жидкофазных смесей по трубам.

40. Измельчение порошков, степень измельчения, особенности измельчения различных материалов. Способы измельчения, принципы работы оборудования, используемого для измельчения.

41. Организация проектных работ. Основные стадии и этапы проектирования. Состав технического проекта, основные требования к содержанию проектной документации.

42. Фактор масштабирования в проектировании, математическое моделирование технологических процессов (пример).

43. Материальный баланс производства. Цели и задачи составления материального баланса. Методика расчета материального баланса.

44. Особенности расчета материального баланса периодических и непрерывных производств. Материальный баланс процесса ферментации.

45. Технологический расчет основного оборудования. Цель и задачи технологических расчетов. Критерии выбора технологического оборудования.

46. Математические модели реакторов полного смешения и полного вытеснения. Расчет эффективности каскада емкостных реакторов.

47. Теоретические основы расчета установок периодического и непрерывного действия. Расчет проточных реакторов.

48. Расчет и выбор установок периодического действия на заданную мощность производства.

49. Расчет и выбор вспомогательной аппаратуры (хранилищ, сборников, мерников, дозирующих устройств).

50. Тепловой расчет технологического оборудования. Составление уравнений теплового баланса для различных производств.

51. Методика расчета составляющих теплового баланса (тепловых эффектов химических реакций и физических процессов, тепло вносимое и уносимое с исходными и конечными продуктами).

52. Методика расчета составляющих теплового баланса (тепловые потери в окружающую среду, нагрев аппарата).

53. Расчет выбора теплообменных устройств, теплоносителей, хладагентов, изоляционных материалов.

54. Особенности составления теплового баланса и методики расчетов для процессов ферментации.

55. Технологические схемы производства, принципы и правила их проектирования и графического отображения.

56. Правила GMP: требования к оборудованию, процессу производства и ведению документации.

## **КОМПЛЕКТ ТЕСТОВ для промежуточной аттестации (Зачет) по дисциплине**

Экзамен проводится в виде итогового теста, состоящего из заданий открытого и закрытого типа. Примерные задания итогового теста приводятся ниже в таблице «Комплект оценочных материалов по дисциплине «Моделирование биотехнологических процессов».

## Комплект оценочных материалов по дисциплине «Моделирование биотехнологических процессов»

Задания закрытого типа – 2 мин. на ответ, задания открытого типа – 5 мин. на ответ

№ п/п	Задание	Варианты ответов	Верный ответ или № верного ответа	Формируемая компетенция
<b>Задания закрытого типа</b>				
1.	Своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект – это:	1) аналог; 2) модель; 3) объект-заместитель; 4) абстракция	2) модель	ПК 4
2.	Наличие некоторых данных об объекте-оригинале необходимо на этапе:	1) построения модели; 2) изучения модели; 3) переноса знаний с модели на объект-оригинал; 4) проверки и применения знаний	1) построения модели	ПК 4
3.	При моделировании использование знаний для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им происходит на этапе:	1) построения модели; 2) изучения модели; 3) переноса знаний с модели на объект-оригинал; 4) проверки и применения знаний	4) проверки и применения знаний	ПК 4
4.	При моделировании знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, ошибки в построении модели исправляются, а построенная исходная модель постепенно совершенствуется за счет:	1) повторения цикла моделирования; 2) построения новой теории объекта; 3) использования специфических форм абстракций, аналогий, гипотез; 4) переноса знаний с модели на объект-оригинал	1) повторения цикла моделирования	ПК 4
5.	Динамические модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку:	1) по уровню моделируемого объекта в хозяйственной иерархии 2) по характеру 3) по предназначению (цели создания и применения) модели 4) по временному признаку 5) по форме отображения причинно-следственных связей 6) по способу отражения действительности	4) по временному признаку	ПК 4
6.	Какой из перечисленных методов применяется при решении задачи целочисленного программирования:	1) метод Эрроу-Гурвица 2) метод искусственного базиса 3) метод Гомори 4) метод минимальной стоимости	3) метод Гомори	ПК 4

7.	В методе Гомори дополнительное ограничение имеет вид:	1) $\sum f(a_{ij}^*)x_j = f(b_i^*)$ ; 2) $\sum f(a_{ij}^*)x_j \geq f(b_i^*)$ ; 3) $\sum f(a_{ij}^*)x_j \leq f(b_i^*)$	2) $\sum f(a_{ij}^*)x_j \geq f(b_i^*)$	ПК 4
8.	Если в транспортной задаче количество положительных поставок равно $n+m-1$ , где $n$ – количество поставщиков, $m$ – количество потребителей, то такая задача является:	1) вырожденной 2) невырожденной 3) выраженной	2) невырожденной	ПК 4
9.	Примером градиентных методов, при котором исследуемые точки не выходят за границы области допустимых решений задачи является:	1) метод Франка-Вульфа; 2) метод штрафных функций; 3) метод Ерроу-Гурвица; 4) правильного ответа нет	1) метод Франка-Вульфа	ПК 4
10.	Моделирование – это процесс:	1) использования абстракций, аналогий, гипотез, других категорий; 2) методов познания; 3) познания интересующего исследователя объекта-оригинала с помощью модели; 4) построения, изучения и применения моделей; 5) опосредованного познания с помощью объектов-заместителей	4) построения, изучения и применения моделей	ПК 4

**Задания открытого типа (в т.ч. примерные вопросы к экзамену)**

№ п/п	Вопрос	Ответ (составлен в виде предложения)	Формируемая компетенция
1.	Моделирование – это процесс	Моделирование – это процесс построения, изучения и применения моделей	ПК 4
2.	Процесс моделирования включает следующие элементы:	Субъект (исследователь), объект исследования, модель являются элементами процесса моделирования	ПК 4
3.	Если результат связан с признаками сходства оригинала и модели, то это дает основания при моделировании проводить этап:	переноса знаний с модели на объект-оригинал	ПК 4
4.	Процесс моделирования является:	Процесс моделирования является четырехэтапным циклом	ПК 4
5.	Нормативные модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку	Нормативные модели выделяют в отдельный класс по предназначению (цели создания и применения) модели	ПК 4
6.	Динамические модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку:	Динамические модели выделяют в отдельный класс по временному признаку	ПК 4
7.	При моделировании использование знаний для построения обобщающей теории	При моделировании использование знаний для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им происходит на этапе проверки и применения знаний	ПК 4

	объекта, его преобразования или управления им происходит на этапе:		
8.	Своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект – это:	Модель – это своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект	ПК 4
9.	При моделировании знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, ошибки в построении модели исправляются, а построенная исходная модель постепенно совершенствуется за счет	При моделировании знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, ошибки в построении модели исправляются, а построенная исходная модель постепенно совершенствуется за счет повторения цикла моделирования	ПК 4
10.	Наличие некоторых данных об объекте-оригинале необходимо на этапе	На этапе построения модели необходимо наличие некоторых данных об объекте-оригинале	ПК 4
11.	Как используются контрольные группы в экспериментальных исследованиях?	Контрольные группы позволяют сравнивать результаты с экспериментальными группами, что позволяет отличать эффект исследуемого фактора от эффектов иных воздействий, которым подвергаются все участники эксперимента	ПК 4
12.	Что такое мета-анализ и какова его цель?	Мета-анализ — это статистический метод, который объединяет результаты нескольких независимых исследований по одной и той же теме для получения более точной оценки эффекта или явления, что позволяет повысить обоснованность выводов и выявить общие тенденции, которые могут быть неочевидны в отдельных исследованиях	ПК 4
13.	Какова роль статистики в обработке результатов исследований?	Статистика позволяет количественно анализировать данные, выявлять закономерности и делать обоснованные выводы	ПК 4
14.	Что такое выборка и какие виды выборок существуют?	Это случайно отобранные единицы генеральной совокупности, достаточные для того, чтобы в ней были выражены существенные черты изучаемого распределения; виды выборок включают простую случайную, систематическую, стратифицированную, кластерную и серийную	ПК 4
15.	В чем заключается различие между случайной и систематической выборкой?	Случайная выборка выбирается без предварительных критериев, тогда как систематическая выборка основывается на заранее определенном критерии	ПК 4

### Комплект оценочных материалов по дисциплине «Моделирование биотехнологических процессов»

Задания закрытого типа – 2 мин. на ответ, задания открытого типа – 5 мин. на ответ

№ п/п	Задание	Варианты ответов	Верный ответ или № верного ответа	Формируемая компетенция
<b>Задания закрытого типа</b>				
1.	Процесс моделирования включает следующие элементы:	1) субъект (исследователь), объект исследования, модель;	1) субъект (исследователь), объект исследования, модель	ПК 4

		2) познающий субъект и познаваемый объект; 3) гипотеза, знания, модель; 4) объект-оригинал, система знаний об объекте-оригинале, субъект		
2.	Если результат связан с признаками сходства оригинала и модели, то это дает основания при моделировании проводить этап:	1) построения модели; 2) изучения модели; 3) переноса знаний с модели на объект-оригинал; 4) проверки и применения знаний	3) переноса знаний с модели на объект-оригинал	ПК 4
3.	Процесс моделирования является:	1) двухэтапным циклом; 2) трехэтапным циклом; 3) четырехэтапным циклом; 4) нециклическим процессом	3) четырехэтапным циклом	ПК 4
4.	Нормативные модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку:	1) по уровню моделируемого объекта в хозяйственной иерархии; 2) по характеру; 3) по назначению (цели создания и применения) модели; 4) по временному признаку; 5) по форме отображения причинно-следственных связей; 6) по способу отражения действительности	3) по назначению (цели создания и применения) модели	ПК 4
5.	Задачи многомерной оптимизации выделяют в отдельный класс по следующему признаку классификации:	1) количество переменных 2) отражение влияния случайных факторов 3) отображение влияния времен 4) структура функций, которые входят в состав задачи	1) количество переменных	ПК 4
6.	Какой вид оптимизационной задачи определяет приведенная математическая модель?	1) задача определения оптимального плана производства 2) задача составления смеси 3) транспортная задача 4) задача о назначениях	4) задача о назначениях	ПК 4
7.	В математической модели задачи целочисленного программирования целевая функция и функции в системе ограничений могут быть	1) только линейными 2) только нелинейными 3) как линейными, так и нелинейными	3) как линейными, так и нелинейными	ПК 4
8.	Дробная часть числа:	1) величина положительная; 2) величина отрицательная; 3) зависит от знака числа	3) зависит от знака числа	ПК 4
9.	Может ли транспортная задача иметь несколько оптимальных решений, обеспечивающих одинаковую суммарную	1) да 2) нет 3) при определенных условиях	3) при определенных условиях	ПК 4

	стоимость перевозок:			
10.	Если в транспортной задаче (ТЗ) суммарная мощность поставщиков превосходит суммарную потребность потребителей, то такая ТЗ называется:	1) открытой; 2) закрытой; 3) смешанной	1) открытой;	ПК 4

**Задания открытого типа (в т.ч. примерные вопросы к экзамену)**

№ п/п	Вопрос	Ответ (составлен в виде предложения)	Формируемая компетенция
1.	Каковы основные методы визуализации данных?	Основные методы включают графики, диаграммы, таблицы и инфографику для упрощения восприятия информации	ПК 4
2.	Каково значение догматизма в научных исследованиях?	Догматизм ставит под сомнение объективность исследований, предотвращая открытость к новым идеям и замедляя прогресс	ПК 4
3.	Какова роль гипотезы в процессе научного поиска?	Гипотеза направляет исследовательский процесс, определяя его цели и направленность сбора данных	ПК 4
4.	Зачем необходимо формулировать выводы в научных работах?	Выводы подводят итоги исследования, обобщая результаты и указывая на их практическое или теоретическое значение	ПК 4
5.	Что такое интерпретация данных и как она влияет на выводы?	Интерпретация данных — это процесс анализа и объяснения результатов, который непосредственно влияет на данные выводы и их значимость	ПК 4
6.	Какова значимость литературного обзора в научном исследовании?	Литературный обзор позволяет понять текущее состояние знаний, выявить пробелы и обосновать необходимость нового исследования	ПК 4
7.	Что такое исследовательский вопрос и как его сформулировать?	Исследовательский вопрос — это четко сформулированная проблема, которую необходимо исследовать, и она должна быть ясной и специфичной	ПК 4
8.	Как связаны понятия «научная парадигма» и «научная революция»?	Научная парадигма — это общепринятая теория в науке, а научная революция — это смена парадигмы при накоплении аномалий, несоответствующих существующим моделям	ПК 4
9.	Как обосновать выбор метода исследования?	Выбор метода должен основываться на цели исследования, характеристиках объекта и доступных ресурсах, обеспечивая максимальную валидность и надежность	ПК 4
10.	Что такое первичные и вторичные данные?	Первичные данные собираются непосредственно исследователем, а вторичные данные — это уже существующие данные, собранные другими авторами	ПК 4
11.	Какова роль аннотации и резюме в научной публикации?	Аннотация и резюме обеспечивают краткий обзор содержания исследования, что упрощает читателям понимание его основных целей и результатов	ПК 4
12.	Что такое операционализация переменных и почему она важна?	Операционализация — это процесс строгого преобразования переменных в измеримые факторы, что важно для обеспечения четкости и воспроизводимости исследования	ПК 4
13.	Какие аспекты необходимо учитывать при выборе научной статьи для литературного обзора?	Нужно учитывать актуальность, рецензируемость, методологическую строгость и влияние статьи на предмет исследования	ПК 4
14.	Как можно гарантировать надежность и валидность измерений в исследовании?	Надежность и валидность можно гарантировать путем применения стандартизированных инструментов и методов, а также предварительного тестирования	ПК 4
15.	Что такое план исследования и какие его элементы?	План исследования — это документ, который содержит подробное описание целей, задач и методов проведения научного или прикладного исследования; содержит заголовок, введение,	ПК 4

	обзор литературы, собственно цели и задачи исследования, методологию, ожидаемые результаты и библиографию	
--	---	--

**Комплект оценочных материалов по дисциплине «Моделирование биотехнологических процессов»**

Задания закрытого типа – 2 мин. на ответ, задания открытого типа – 5 мин. на ответ

№ п/п	Задание	Варианты ответов	Верный ответ или № верного ответа	Формируемая компетенция
<b>Задания закрытого типа</b>				
1.	Какой из подходов преимущественно используется для обработки количественных данных?	1) Контент-анализ 2) Статистический анализ 3) Качественный анализ 4) Сравнительный анализ	2) Статистический анализ	ПК 4
2.	Какой элемент не является частью исследования в области научных методов?	1) Постановка задачи 2) Проведение эксперимента 3) Обсуждение результатов 4) Анализ данных	3) Обсуждение результатов	ПК 4
3.	Какой из следующих методов предполагает изучение явлений в естественных условиях?	1) Лабораторный эксперимент 2) Полевой эксперимент 3) Опрос 4) Моделирование	2) Полевой эксперимент	ПК 4
4.	Какой из подходов обычно используется для формирования гипотезы?	1) Эмпирический 2) Теоретический 3) Описательный 4) Инклюзивный	2) Теоретический	ПК 4
5.	Что является основным методом научного познания?	1) Дедукция 2) Индукция 3) Наблюдение 4) Эмпирический метод	3) Наблюдение	ПК 4
6.	Какое из следующих определений наиболее точно отражает суть науки?	1) Набор догм и убеждений 2) Система знаний, основанная на объективном исследовании 3) Процесс размышления и познания 4) Путь к конечному знанию	4) Путь к конечному знанию	ПК 4
7.	Что характерно для качественного метода исследования?	1) Использование чисел и статистических методов 2) Сбор и анализ текстовой информации 3) Оценка гипотез в условиях лаборатории	2) Сбор и анализ текстовой информации	ПК 4

		4) Объективные измерения		
8.	Какое утверждение о научных теоретических моделях неверно?	1) Они помогают упрощать исследуемые явления 2) Они могут быть опровергнуты новыми данными 3) Они служат основой для выдвижения новых гипотез 4) Они всегда являются истиной	4) Они всегда являются истиной	ПК 4
9.	Что такое «доказательства» в научной работе?	1) Окончательные факты 2) Доказанные теории 3) Сбор информации для поддержки гипотезы 4) Мнения состоявшихся авторитетов	3) Сбор информации для поддержки гипотезы	ПК 4
10.	Какой из следующих типов исследований характеризуется использованием больших выборок и количественных методов?	1) Качественное исследование 2) Эмпирическое исследование 3) Количественное исследование 4) Теоретическое исследование	3) Количественное исследование	ПК 4

**Задания открытого типа (в т.ч. примерные вопросы к экзамену)**

№ п/п	Вопрос	Ответ (составлен в виде предложения)	Формируемая компетенция
1.	Какова важность научных конференций для исследователей?	Научные конференции позволяют исследователям представить свои работы, обменяться идеями и наладить профессиональные контакты	ПК 4
2.	Каковы основные критерии качества научного исследования?	Основные критерии включают методологическую строгость, этичность, объективность, репрезентативность выборки и надежность данных.	ПК 4
3.	Что необходимо учитывать при подготовке к защите научной работы?	Необходимо четко представить цели исследования, методы и результаты, а также быть готовым к критике и вопросам от комиссии	ПК 4
4.	Каковы преимущества и недостатки междисциплинарных исследований?	Преимущества включают расширение перспектив и интеграцию знаний, а недостатки могут заключаться в сложности координации между дисциплинами	ПК 4
5.	Как социальные и культурные факторы могут повлиять на научное исследование?	Социальные и культурные факторы могут влиять на формулирование исследовательских вопросов, выбор методов и интерпретацию результатов, создавая потенциальные предвзятости	ПК 4
6.	Опишите основные методы научного исследования	Основные методы научного исследования включают наблюдение, эксперименты, опросы, анализ документов и статистические методы, которые используются для сбора и анализа данных с целью получения надежных выводов и обобщений в различных областях знаний	ПК 4
7.	В чем заключается отличие между эмпирическим и теоретическим исследованиями?	Эмпирические исследования ориентированы на сбор данных и наблюдений, в то время как теоретические исследования фокусируются на разработке теорий и моделей	ПК 4
8.	Каковы основные этапы научного исследования?	Основные этапы включают наблюдение, постановку вопросов, формулирование гипотез, эксперимент, анализ данных и формулирование выводов	ПК 4
9.	Что такое наука и какова ее роль в современном обществе?	Это систематизированное знание о природе и обществе, способствующее развитию технологий и улучшению качества жизни	ПК 4
10.	Что такое переменные в научных исследованиях?	Переменные — это характеристики или события, которые могут изменяться и влиять на результаты исследования	ПК 4

11.	При моделировании знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, ошибки в построении модели исправляются, а построенная исходная модель постепенно совершенствуется за счет	При моделировании знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, ошибки в построении модели исправляются, а построенная исходная модель постепенно совершенствуется за счет повторения цикла моделирования	ПК 4
12.	Нормативные модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку	Нормативные модели выделяют в отдельный класс по предназначению (цели создания и применения) модели	ПК 4
13.	Динамические модели выделяют в отдельный класс по следующему признаку:	Динамические модели выделяют в отдельный класс по временному признаку	ПК 4
14.	При моделировании использование знаний для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им происходит на этапе:	При моделировании использование знаний для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им происходит на этапе проверки и применения знаний	ПК 4
15.	Процесс моделирования включает следующие элементы:	Субъект (исследователь), объект исследования, модель являются элементами процесса моделирования	ПК 4