

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 03.12.2024 11:22:36

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

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  
«28» марта 2024 г. протокол № 9



## Рабочая программа дисциплины

### Моделирование биотехнологических процессов

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) программы -Биотехнология пищевых производств

Форма обучения **очная**

Балашиха 2024 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС 3++ ВО по направлению подготовки 19.03.01 - Биотехнология

Рабочая программа дисциплины разработана д.с.\х.н , профессором кафедры Земледелия и растениеводства Бухаровой А.Р.

Рецензент: *(ученая степень, звание, должность, название организации, ФИО)*

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

## 1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций Планируемые результаты обучения
<b>Универсальная компетенция</b>	
<p><i>ОПК-2</i>-Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Знать (З):</b> организацию биотехнологического производства; производственного процесса и принципов его организации, типов, форм и методов организации производства;</li> <li>– биохимию и физиологию микроорганизмов и других биологических объектов;</li> <li>– закономерности развития и функционирования популяций микробных, животных и растительных клеток;</li> <li>– принципы конструирования БАВ с заданными свойствами;</li> <li>– методы исследования биоорганических соединений и пищевых продуктов;</li> <li>– математические модели биопроцессов;</li> <li>– стехиометрию процессов культивирования микроорганизмов.</li> </ul> <p><b>Уметь (У):</b> определять кинетические и термодинамические закономерности процессов роста микробных, животных и растительных клеток; осуществлять химико-технический, биохимический и микробиологический контроль биотехнологического процесса; строить эмпирические модели с использованием пакетов программ</p>

	<p>статистической обработки данных.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать методы получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов;</li> <li>– готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.</li> </ul>
<p>ОПК-3 Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p><b>Владеть (В):</b> управлением технологическими системами и методами регулирования биотехнологических процессов;</p> <p>проведением химического и биохимического анализа и метрологической оценки их результатов</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы конструирования БАВ с заданными свойствами;</li> <li>– методы исследования биоорганических соединений и пищевых продуктов;</li> <li>– математические модели биопроцессов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– строить эмпирические модели с использованием пакетов программ статистической обработки данных.</li> <li>– использовать методы получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов;</li> <li>– готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами совершенствования биопроцесса;</li> <li>– в моделировании и масштабировании биотехнологических процессов</li> </ul>
<p>ОПК-7 -Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– системы управления биотехнологическими процессами;</li> <li>– новые научные решения, определяющие прогресс биотехнологии на современном этапе;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать научную литературу, относящуюся к сфере профессиональной деятельности;</li> <li>– использовать базы данных, программные продукты и ресурсы Интернета для решения профессиональных задач;</li> <li>– готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.</li> </ul>

	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса;</li> <li>– методами управления технологическими системами и методами регулирования биотехнологических процессов.</li> </ul>
--	--

## 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:

В результате освоения дисциплины студент должен:

#### Знать:

- организацию биотехнологического производства; производственного процесса и принципов его организации, типов, форм и методов организации производства;
- системы управления биотехнологическими процессами;
- новые научные решения, определяющие прогресс биотехнологии на современном этапе;
- биохимию и физиологию микроорганизмов и других биологических объектов;
- закономерности развития и функционирования популяций микробных, животных и растительных клеток;
- принципы конструирования БАВ с заданными свойствами;
- методы исследования биоорганических соединений и пищевых продуктов;
- математические модели биопроцессов;
- стехиометрию процессов культивирования микроорганизмов.

#### Уметь:

- определять кинетические и термодинамические закономерности процессов роста микробных, животных и растительных клеток;
- осуществлять химико-технический, биохимический и микробиологический контроль биотехнологического процесса;
- строить эмпирические модели с использованием пакетов программ статистической обработки данных.
- использовать методы получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов;
- готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.

#### Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- в совершенствовании биопроцесса;
- в моделировании и масштабировании биотехнологического процесса;
- в управлении технологическими системами и методами регулирования биотехнологических процессов;
- в проведении химического и биохимического анализа и метрологической оценки их результатов;
- в работах по селекции, модификации и конструирования живых систем и их компонентов.

**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 Очная форма обучения

Вид учебной работы	6 семестр	_____ семестр
Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц часов	180	
<b>Аудиторная (контактная) работа, часов</b>	<b>48,3</b>	
в т.ч. занятия лекционного типа	16	
занятия семинарского типа	32	
промежуточная аттестация	0,3	
<b>Самостоятельная работа обучающихся, часов</b>	<b>131,7</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**

Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код компетенции
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы		
1. Основы метаболического инжиниринга	20,7	6	14,7	Тестирование, отчет по лабораторным работам	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-7
2. Обзор клеточного метаболизма	21	6	15		
3. Моделирование клеточных реакций	22	6	16		
4. Сеть биохимических	22	6	16		

реакций					
5. Примеры манипуляции путей.Метаболический инжиниринг в практике	27	6	21	Тестирование, Отчет по лабораторным работам	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-7
6. Анализ потоков через метаболические сети	16	6	10		
7.Оптимизация ферментационных сред	21	6	15		
8. Управление технологическими режимами периодических и непрерывных процессов	30	6	24	Тестирование, отчет по лабораторным работам	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-7
<b>Промежуточная аттестация</b>	0,3	0,3			
<b>Итого за семестр</b>	180	48,3	131,7		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	180	48,3	131,7		

***Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости***

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Задача (практическое задание,)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
4	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
5	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
6	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-	Темы рефератов

#### 4.2 Содержание дисциплины по разделам

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
1	Основы метаболического инжиниринга	Общие положения о метаболической инженерии. Расширение спектра используемых субстратов. Метаболическая инженерия в решении проблемы создания новых продуктов микробиологического синтеза
2	Обзор клеточного метаболизма	Обзор клеточного метаболизма, транспортные реакции, реакции, питающие энергетический метаболизм, реакции биосинтеза, полимеризация, биохимия метаболических путей
3	Моделирование клеточных реакций	Стехиометрия клеточных реакций, скорости реакций, динамический баланс масс, коэффициенты выхода и линейные уравнения скорости. Материальный баланс и соответствие данных: элементарный и окислительно-восстановительный балансы. Моделирование по принципу чёрного ящика, элементарный баланс, баланс степени восстановления, тепловой баланс, систематический анализ стехиометрии.
4	Сеть биохимических реакций	Метаболические сети с расходящимися ветвями, формальные и на основе матрицы описания метаболических сетей, энергетика роста, энергетика аэробных и анаэробных процессов, метаболические потоки и их измерение.
5	Примеры манипуляции путей. Метаболический инжиниринг в практике	Повышение выхода продукта и производительности (этанол, аминокислоты, растворители, антибиотики, секретруемые белки), универсальные химикаты, биоочистка, расширение субстратного диапазона, расширение спектра продукта и новые продукты, улучшение клеточных свойств, детоксификация, проектирование биотехнологических про-

		цессов (критериев для коммерческого успеха).
<b>6</b>	Анализ потоков через метаболические сети	Выражение скорости формирования биомассы, структуры сетей и использованием измеряемых скоростей, использование меченых субстратов, переопределенные системы, недоопределенные систем, линейное программирование, анализ чувствительности. Структура модели и её сложность, общая структура кинетических моделей, неструктурированные кинетические модели роста, простые структурированные модели. Уравнение баланса популяции.
<b>7</b>	Оптимизация ферментационных сред	Традиционные методы изучения многофакторных зависимостей. Метод Бокса-Уилсона. Математические процедуры в методе Бокса-Уилсона. Статистическая оценка результатов. Заключительные этапы оптимизации среды. Многоуровневые планы эксперимента.
<b>8</b>	Управление технологическими режимами периодических и непрерывных процессов	Проектирование процесса ферментации. Стационарные режимы, бэтч и фэд-бэтч процессы, не стационарные режимы, реакторы с поршневым потоком. Основные технологические параметры и управляющие воздействие в процессе ферментации. Формулирование задачи оптимизации профилей изменения режимных параметров во времени. Ступенчатые профили изменения режимных параметров периодической ферментации. Особенности регулирования концентрации субстрата в периодических и полупериодических процессах ферментации. Оптимизация времени завершения периодического процесса ферментации. Тубулярные и хемостатные процессы непрерывного культивирования. Сравнение производительности периодического и непрерывного процессов. Автоселекция в непрерывном процессе. Хемостат с рециркуляцией биомассы клеток. Двухстадийный хемостат. Метод импульсных добавок для подбора оптимальной среды. Непрерывное культивирование с внешним регулированием параметров. Преимущества и недостатки периодических, полупериодических и непрерывных методов.

### 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

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biochemiepracticum / Maxim Zakhartsev. Molekulare Biotechnologen / IPMB. Universitat, 2011. – 22 p.</li> <li>– Микробиологический практикум в 2 частях : учебно-методическое пособие / Г.С. Са-кович, М.А. Безматерных. Екатеринбург: УрФУ, 2013. Ч.1. 90 с.</li> <li>– Микробиологический практикум в 2 частях : учебно-методическое пособие / Г.С. Са-кович, М.А. Безматерных. Екатеринбург: УрФУ, 2013. Ч.2. 92 с.</li> </ul>
--	---

**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:		

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. Villadsen, J. Nielsen, G.Liden. Bioreaction engineering principles, Springer, 2011</li> <li>2. E. Klipp, W.Liebermeister, C. Wierling, A.Kowald, H.Lehrach, R.Herwig. Systems Biolo-gy, Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA, 2009.</li> <li>3. Безбородов А.М. Ферментативные процессы в биотехнологии / А.М. Безбородов, Н.А. Загустина, В.О. Попов; Ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН. – М.: Наука, 2008. – 335 с.</li> <li>4. O. Demin, I.Goryanin. Kinetic modeling in Systems Biology, Chapman and Hall/CRC, 2008.</li> <li>5. Промышленная дезинфекция и антисептика : уч. пос. / В.А. Галыкин и др. – СПб.:Прспект науки, 2008. – 232 с.</li> <li>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.: Издательство Оникс, 2009. – 496 с.</li> <li>7. Биотехнология: учебник / под ред. Е. С. Воронина. – СПб.: Гиорд, 2008. – 704 с.</li> </ol>	
Дополнительная		

1. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. / В.В. Бирюков М.: КолосС, 2004. – 296 с.
2. Дж. Бейли, Д. Оллис. Основы биохимической инженерии. Пер с англ. В 2-х частях. Ч. 1. / М.: Мир, 1989. – 692 с.
3. Дж. Бейли, Д. Оллис. Основы биохимической инженерии. Пер с англ. В 2-х частях. Ч. 2. / М.: Мир, 1989. – 692 с.
4. Cornish-Bowden. Fundamentals of enzyme kinetics. 3<sup>rd</sup> edition. Portland Press, 2004.
5. C. Ratledge, B. Kristiansen. Basic Biotechnology. Cambridge University Press, 2006.
6. G.N. Stephanopoulos, A.A. Aristidou, J. Nielsen. Metabolic engineering: Principles and methodologies, San Diego: Academic Press, 1998.
7. M.J. Waites, N.L. Morgan, J.S. Rockey, G. Higton. Industrial Microbiology: An Introduction. Wiley, 2001.
8. D. Fell. Understanding the control of metabolism. London: Portland Press Ltd., 1997.
9. M.J. Waites, N.L. Morgan, J.S. Rockey, G. Higton. Industrial Microbiology: An Introduction. Wiley, 2001.
10. J.A. Roels. Energetics and kinetics in biotechnology. Elsevier Biomedical Press, 1983.
11. М.Н. Манаков, Д.Г. Победимский. Теоретические основы технологии микробиологических производств. / М.Н. Манаков, Д.Г. Победимский. М. : Агропромиздат, 1990. 272 с.
12. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках: Учебник. 6-е изд., перераб. и доп. / Н.С. Егоров. М. : Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 528 с.
13. Сазыкин Ю.О. Биотехнология. / 12 Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И.

--	--	--

### 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. - <u>научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).</u> 5. <u>Международная информационная система по сельскохозяйственным наукам и технологиям.</u> 6. <u>официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.</u>	<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. <u>сайт о биотехнологии (открытый доступ)</u>	<a href="http://www.mosbiotechworld.ru">http://www.mosbiotechworld.ru</a>
	8. <u>интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (открытый доступ)</u>	<a href="http://cbio.ru">http://cbio.ru</a>

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

#### Современные профессиональные базы данных

<https://rosstat.gov.ru/> - Федеральная служба государственной статистики.

<https://cyberleninka.ru/> - научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

<http://link.springer.com/> - полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства Springer Nature.

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.

<https://agris.fao.org/agris-search/index.do> - Международная информационная система по сельскохозяйственным наукам и технологиям.

<http://window.edu.ru/> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

#### Информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система «Гарант». – URL: <https://www.garant.ru/>

2. Информационно-справочная система «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/>

**Лицензионное программное обеспечение**  
 Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д),  
 OpenOffice, Люникс (бесплатное программное обеспечение широкого класса),  
 система дистанционного обучения Moodle ([www.edu.rgazu.ru](http://www.edu.rgazu.ru)),  
 Вебинар (Adobe Connect v.8, Zomm, Google Meet, Skype, Мираполис), программное обеспечение электронного ресурса сайта, включая ЭБС AgriLib и видеоканал РГАЗУ (<http://www.youtube.com/rgazu>),  
 антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite.

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

<b>Предназначение помещения (аудитории)</b>	<b>Наименование корпуса, № помещения (аудитории)</b>	<b>Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*</b>
<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 Smart sensor AR856, психрометр Smart sensor AZ508, шумометр Smart sensor AR854
<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 Smart sensor AR856, психрометр Smart sensor AZ508, шумометр Smart sensor AR854
<i>Для самостоятельной работы</i>	Учебно-административный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Читальный зал	Персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный аграрный заочный университет»**

Принято Ученым советом  
Университета Вернадского  
«28» марта 2024 г. протокол № 9



**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 **очная**

Балашиха 2024г.





<p><b>ОПК-3</b> Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> – принципы конструирования БАВ с заданными свойствами; – методы исследования биоорганических соединений и пищевых продуктов; – математические модели биопроцессов; – <b>Уметь:</b> – строить эмпирические модели с использованием пакетов программ статистической обработки данных. – использовать методы получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов; – готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.</p>	<p><b>Пороговый (удовлетворительно)</b></p>	<p><b>Знает:</b> Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. <b>Умеет:</b> Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации <b>Владет:</b> навыками выполнения основных химических операций, навыками самостоятельного освоения знаниями, используя современные образовательные технологии, приемами работы в химической лаборатории.</p> <p><b>Знает:</b> Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет</p>	<p>Тестирование</p> <p>Тестирование</p>



			<p>алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации</p> <p><b>Владеет:</b> навыками выполнения основных химических операций, навыками самостоятельного освоения знаниями, используя современные образовательные технологии, приемами работы в химической лаборатории.</p>	
<p><b>ОПК-2-</b> Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием</p> <p>Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом</p>	<p><b>Знать (З);</b> организацию биотехнологического производства; производственного процесса и принципов его организации, типов, форм и методов организации производства; системы управления биотехнологическими процессами; новые научные решения, определяющие прогресс биотехнологии на современном этапе; биохимию и физиологию микроорганизмов и других биологических объектов; закономерности и развития и функционирования</p>	<p><b>Пороговый (удовлетворительно)</b></p>	<p><b>Знает:</b> Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.</p> <p><b>Умеет:</b> Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации</p> <p><b>Владеет:</b> навыками выполнения основных химических операций, навыками самостоятельного освоения знаниями, используя современные образовательные технологии, приемами работы в химической лаборатории</p>	<p>тестирование</p>

<p>формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности.</p>	<p>популяций микробных, животных и растительных клеток; принципы конструирования БАВ с заданными свойствами; методы исследования биоорганических соединений и пищевых продуктов; математические модели биопроцессов; стехиометрию процессов культивирования микроорганизмов.</p>			
	<p><b>Уметь (У):</b> определять кинетические и термодинамические закономерности процессов роста микробных, животных и растительных клеток; осуществлять химико-технический, биохимический и микробиологич</p>	<p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p>	<p><b>Твердо знает:</b> фундаментальные разделы общей химии: химические системы и процессы, реакционную способность веществ, химическую идентификацию, химические процессы происходящее в почве и растениях.  <b>Уверенно умеет:</b> Решать задачи на расчет количеств веществ, вступающих в реакцию и получающихся в ходе реакции, рассчитывать процентное содержание элемента в веществе по формуле, рассчитывать дозы удобрений и кормов с нужным соотношением дозируемых элементов.  <b>Уверенно владеет:</b> методами навыками выполнения основных химических операций, навыками самостоятельного освоения знаниями, используя современные образовательные технологии, приемами работы в химической лаборатории</p>	<p>тест</p>

	<p>еский контроль биотехнологического процесса; строить эмпирические модели с использованием пакетов программ статистической обработки данных. использовать методы получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов; готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.</p>			
	<p><b>Владеть (В):</b> навыками выполнения основных химических операций, навыками самостоятельного освоения знаниями, используя современные образовательные технологии, приемами работы</p>	<p><b>Высокий (отлично)</b></p>	<p><b>Сформированное систематическое знание:</b> фундаментальные разделы биотехнологии, Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных</p>	<p>тест</p>

	в химической лаборатории		<p>ситуациях.</p> <p><b>Сформировавшиеся систематическое умение:</b>  решать задачи на расчет количеств веществ, вступающих в реакцию и получающихся в ходе реакции,  Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)</p> <p><b>Сформировавшееся систематическое владение:</b>  Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.</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 контрольных заданий	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
Выполнение курсовой работы	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.	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.	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.	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.

**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 тобрамицина 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 цефалоспорины.
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 « Оптимизация многокомпонентной среды. Статистическая об-работка 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 ч<sup>-1</sup>.

**Примерная тематика коллоквиумов**

- Массопередача кислорода в процессе культивирования.
- Постановка эксперимента на матрице планирования.
- Хемостатное культивирование микроорганизмов.

## **Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю**

- Моделирование и проектирование микробиологического синтеза аминокислот.
- Моделирование и проектирование стадий биосинтеза антибиотиков макролидов.
- Моделирование и проектирование стадий химической очистки антибиотиков макролидов.
- Моделирование и проектирование стадий биосинтеза антибиотиков аминоглюкозидного ряда.
- Моделирование и проектирование стадий химической очистки антибиотиков аминоглюкозидного ряда.
- Моделирование и проектирование процесса получения полусинтетических пенициллинов.
- Моделирование и проектирование процессов получения полусинтетических цефалоспоринов.
- Моделирование и проектирование процессов микробиологического получения органических кислот.
- Моделирование и проектирование химико-ферментативного синтеза аминокислот.
- Моделирование и проектирование процессов биосинтеза витаминов (провитаминов).
- Моделирование и проектирование процессов биотрансформации стероидов.
- Моделирование и проектирование процессов биосинтеза клинического декстрана.
- Моделирование и проектирование процессов получения пива.
- Моделирование и проектирование процессов получения безалкогольного пива.
- Моделирование и проектирование процессов получения кисломолочных продуктов.
- Моделирование и проектирование процессов получения сгустителей и подсластителей.
- Моделирование и проектирование процессов получения пищевого спирта из крахмалосодержащего сырья.
- Моделирование и проектирование процессов биологической очистки сточных вод.
- Моделирование и проектирование процессов утилизации осадков.
- 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 кисло-

рода 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:

$S, \text{ М}$	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 гомогенизации молока.
- Расчет газо-вирхевого биореактора.
- Определение оптимальных параметров непрерывной стерилизации молока ультразвуком.
- Расчет материального баланса производства кефира.
- Расчет энергетического баланса производства ячменного пива.
- Моделирование процесса дображивания 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 критериальных уравнений.
- Определение оптимальных параметров перемешивания в реакторе периодического действия.
- Порядок расчета объема реактора периодического действия.
- Определение оптимальных параметров проведения процессов в реакторе непрерывно-го действия идеального вытеснения.
- Порядок расчета материального баланса биотехнологических процессов.
- Порядок расчета энергетического баланса биотехнологических процессов.
- Моделирование процессов теплопереноса.
- Определение поверхности 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  $2 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $450 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси 0,5 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  $3 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $500 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси 0,1 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  $8 \cdot 10^{-6}$  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  $3 \cdot 10^{-6}$  м/с, разница концентраций при массопереносе  $450 \text{ кг/м}^3$ , средняя скорость реакционной смеси 0,4 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 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  $c=1300$  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 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 разность 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 разность 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 разность температур теплоносителя и реакционной смеси  $20^\circ\text{C}$ .
19. Рассчитать минимальную разность 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 разности 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 реакции: 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 степеней восстановления.
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, MFA биосинтеза 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 энтропии, изменение свободной энергии в биореакциях, теплота реакции, производство АТФ.
18. Стационарные режимы, бэтч и фэд-бэтч процессы, не стационарные режимы, реакторы с поршневым потоком.
19. Проектирование биотехнологических процессов (антибиотиков, полисахаридов, витаминов, органических кислот, растворителей).
20. Методы управления технологическими режимами и подходы к масштабированию.
21. Основные виды и типы оборудования химических и биотехнологических производств. 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, болышки, 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 со стационарным 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 фильтров 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 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 трубопроводам.
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 выбор 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.