

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института ветеринарии и  
биотехнологий  
Скрипкин Валентин Сергеевич

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

**Б1.О.16.02 Оборудование и автоматизация биотехнологических  
процессов**

19.03.01 Биотехнология

Биотехнология продуктов питания

бакалавр

очная

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>ОПК-3 Способен принимать участие в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1 Выбирает и применяет современное ПО (системы автоматизации, базы данных, специализированные программы) для управления технологическими процессами в пищевой биотехнологии</p>	<p><b>знает</b> принцип построения и функционирования современных SCADA- и MES-систем</p>
		<p><b>умеет</b> анализировать технологические требования пищевого биотехнологического производства, выбирать на их основе подходящие программные средства (SCADA-системы, ПЛК, СУБД, специализированные пакеты для моделирования и расчётов), проводить их установку и настройку для организации сбора, хранения и визуализации параметров процессов (температуры, pH, расхода, давления и т. п.), разрабатывать и внедрять алгоритмы управления и адаптивной регулировки технологических операций, обеспечивать интеграцию автоматизированных систем с корпоративными информационными системами, проводить тестирование и отладку, а также осуществлять мониторинг, диагностику и поддержку эксплуатационной надёжности и информационной безопасности этих ПО в условиях реального производства</p>
		<p><b>владеет навыками</b> навыками анализа технологических требований и умением выбирать, настраивать и эксплуатировать современные автоматизационные системы (SCADA-платформы для сбора и визуализации данных, PLC-контроллеры), интегрировать их с MES и LIMS (Laboratory Information Management Systems) для надёжного хранения и обработки лабораторных и производственных данных, а также применять специализированные пакеты (например BioPAT MFCS/BioBrain для биопроцесс-контроля) и программные средства (MATLAB/Simulink, AutoCAD Plant 3D) для моделирования, мониторинга и оптимизации ключевых стадий пищевой биотехнологии</p>
<p>ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов,</p>	<p>ОПК-4.3 Разрабатывает технологические схемы и подбирает оборудование</p>	<p><b>знает</b> основные принципы построения технологических схем биотехнологических процессов — от выбора типа и параметров ферментера до оборудования для очистки и стабилизации с учётом энергоэффективности, требований безопасности и стандартов качества</p>

<p>технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний</p>	<p>для ключевых стадий биотехнологического производства (ферментация, очистка, стабилизация) с учётом требований энергоэффективности, безопасности и стандартов качества</p>	<p><b>умеет</b> на основе анализа технологических требований и нормативных документов разрабатывать блок-схемы ключевых стадий биотехнологического производства, выполнять расчёт и селекцию аппаратов с учётом показателей энерго-эффективности требований промышленной безопасности, а также осуществлять обоснованный выбор оборудования в соответствии с действующими стандартами качества пищевой продукции и технико-экономическими показателями процесса</p> <p><b>владеет навыками</b> навыками разработки и обоснования комплексных технологических схем биотехнологического производства, включая ключевые стадии ферментации, очистки и стабилизации, с применением современных методов расчёта и выбора оборудования и программных средств управления.</p>
<p>ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции</p>	<p>ОПК-5.1 Выбирает и эксплуатирует оборудование для биотехнологических процессов производства пищевых продуктов</p>	<p><b>знает</b> принцип работы и конструктивные особенности основных видов оборудования пищевых биотехнологических производств — биореакторов и ферментеров с регулируемыми параметрами, аппаратов разделения и очистки, систем стерилизации и гомогенизации, а также средства контроля и автоматизации с учётом требований к материалам и энергопотреблению</p> <p><b>умеет</b> выбирать и эксплуатировать оборудование для биотехнологических процессов производства пищевых продуктов</p> <p><b>владеет навыками</b> приёмами выполнения операций, связанных с выбором, эксплуатацией и техническим обслуживанием оборудования, применяемого в биотехнологических процессах производства пищевых продуктов</p>
<p>ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции</p>	<p>ОПК-5.2 Применяет методы и средства контроля для физико-химических, микробиологических и органолептических показателей сырья, промежуточных и готовых пищевых продуктов</p>	<p><b>знает</b> принципы и методы контроля качества пищевых продуктов, включая физико-химические, микробиологические и органолептические показатели</p> <p><b>умеет</b> применять методы и средства контроля для оценки физико-химических, микробиологических и органолептических показателей сырья, промежуточных и готовых пищевых продуктов</p> <p><b>владеет навыками</b> методами и средствами контроля, включая физико-химические, микробиологические и органолептические анализы, для оценки качества сырья, промежуточных и готовых пищевых продуктов</p>

	<b>знает</b> принципы регулирования и оптимизации параметров биотехнологических процессов в производстве пищевых продуктов, включая методы анализа и интерпретации экспериментальных данных, а также основы проектирования технологических решений для адаптации процессов к изменяющимся условиям
	<b>умеет</b> регулировать и оптимизировать параметры биотехнологических процессов производства пищевых продуктов в изменяющихся условиях
	<b>владеет навыками</b> навыками регулирования и оптимизации параметров биотехнологических процессов производства пищевых продуктов в изменяющихся условиях, включая использование современных методов контроля и автоматизации для обеспечения стабильности качества продукции и эффективности производства

## 2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Фундаментальные понятия автоматизации и ферментация			
1.1.	Автоматизация и ферментационные процессы	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Устный опрос
1.2.	Контрольная точка	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Коллоквиум
2.	2 раздел. Очистка, стабилизация и системы автоматизации			
2.1.	Очистка, стабилизация и АСУ	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Устный опрос
2.2.	Контрольная точка	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Коллоквиум
3.	3 раздел. Контроль качества и оптимизация процессов			

3.1.	Контроль качества и оптимизация	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Устный опрос
3.2.	Контрольная точка	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	Коллоквиум
4.	4 раздел. Экзамен			
4.1.	Экзамен	4	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-3.1	
	Промежуточная аттестация			Эк

### 3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
<b>Текущий контроль</b>			
<b>Для оценки знаний</b>			
1	Устный опрос	Средство контроля знаний студентов, способствующее установлению непосредственного контакта между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.	Перечень вопросов для устного опроса
2	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
<b>Для оценки умений</b>			
<b>Для оценки навыков</b>			
<b>Промежуточная аттестация</b>			

3	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов
---	---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------

**4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Оборудование и автоматизация биотехнологических процессов"**

*Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости*

Вопросы для устного опроса:

Фундаментальные понятия автоматизации и ферментация

1. Дайте определение автоматизации биотехнологического процесса и перечислите её ключевые задачи.
2. Какие уровни автоматизации (полевой, программно-логический, информационный) выделяют в биотехнологии?
3. Что такое обратная связь и какие виды обратных связей применяют при управлении ферментацией?
4. Охарактеризуйте основные параметры процесса ферментации, подлежащие автоматическому контролю.
5. Какую роль играют датчики pH и растворённого кислорода в автоматизированных ферментационных установках?
6. В чём состоит отличие между непрерывным и пакетным режимами ферментации с точки зрения автоматизации?
7. Перечислите преимущества применения программируемых логических контроллеров (ПЛК) в ферментационных реакторах.
8. Какие алгоритмы регулирования (П, ПИ, ПИД) применимы для стабилизации температуры в ферментореакторе и почему?
9. Опишите принцип работы системы человек–машина (HMI) в контуре управления ферментацией.
10. Какие архитектурные схемы автоматизации (каскадная, ступенчатая, децентрализованная) применимы к ферментационным процессам и в каких случаях?
11. Как автоматизация способствует повышению производительности и масштабируемости ферментационных процессов?
12. Что понимается под «автоматизированной системой мониторинга» (SCADA) и какие функции она выполняет в биореакторе?
13. Опишите влияние автоматизированного регулирования скорости перемешивания на кинетику ферментации.
14. Какие риски связаны с чрезмерной степенью автоматизации в ферментации и как их минимизировать?
15. Приведите пример успешного внедрения комплексной автоматизации на ферментационном производстве (описательно).

Очистка, стабилизация и системы автоматизации

1. Какие основные операции включает этап очистки биотехнологического продукта после ферментации?
2. Как автоматизированные системы улучшают эффективность мембранной фильтрации?
3. Опишите принцип работы автоматизированного блока хроматографии для очистки

белков.

4. В чём заключается задача стабилизации продукта, и какие параметры при этом контролируются?
5. Какие виды датчиков применяют для контроля проводимости и pH при очистке?
6. Как системы автоматизации обеспечивают предотвращение контаминации во время очистки?
7. Перечислите алгоритмы управления скоростью подачи элюента в колонну хроматографии.
8. Как автоматизация регулирует температуру и давление при ультрафильтрации?
9. Опишите роль ПЛК в управлении секвенцией вспомогательного оборудования (насосы, клапаны).
10. Какие требования предъявляются к системе автоматизации при работе с коррозионно-активными средами?
11. Как реализуется автоматический контроль заданного состава буферов для стабилизации продукта?
12. В чём преимущество использования модульной автоматизированной архитектуры при очистке?
13. Опишите возможные аварийные сценарии при очистке и стабилизации и способы их автоматического обнаружения.
14. Каковы принципы интеграции систем очистки и стабилизации в единую SCADA-среду?
15. Приведите пример настройки автоматизированного этапа глубокой очистки (диализ, экстракция) на пищевом производстве.

---

#### Контроль качества и оптимизация процессов

1. Какие критические контрольные точки (CCP) выделяют при биотехнологическом производстве пищевых продуктов?
2. Как автоматизация помогает в сборе и анализе данных для показателей качества (влажность, титры, чистота)?
3. Опишите применение онлайн-анализаторов (например, NIR-спектрометрии) для контроля качества.
4. В чём состоит суть метода статистического управления процессом (SPC) в биотехнологии?
5. Как автоматизированные системы сигнализации (alarms) используются для предотвращения отклонений по качеству?
6. Перечислите основные KPI, применимые для оценки эффективности ферментационных и очистных процессов.
7. Какие методы оптимизации режимов ферментации (DoE, моделирование) интегрируют в системы автоматизации?
8. Опишите алгоритм адаптивного управления (интеллектуальная оптимизация) для повышения выхода продукта.
9. Как система автоматизированной отчётности (MES) поддерживает требования GMP при производстве пищевых добавок?
10. В чём преимущества использования цифровых двойников для оптимизации биотехнологических процессов?
11. Как реализуется автоматизированное тестирование образцов на микробиологическую чистоту?
12. Опишите подход к регулярной валидации и калибрации автоматизированного оборудования для контроля качества.
13. Какие данные собирает и анализирует система LIMS, и как они влияют на оптимизацию процессов?
14. Как анализ больших данных (big data) и машинное обучение могут быть интегрированы в автоматизацию для оптимизации?
15. Приведите пример повышения выхода продукта за счёт внедрения автоматизированного контроля и оптимизации процесса.

Тематический блок 1 (модули 1–2): «Автоматизация и ферментационные процессы»

Форма: коллоквиум (устная + письменная часть)

Время: 90 мин

1. Краткий ответ (5 мин)

Перечислите три уровня управления автоматизированной системы (АСУ) и назовите задачи каждого уровня.

2. Письменная задача (20 мин)

Рассчитайте объём однократного цикла дискретного биореактора, если за 24 ч необходимо получить 500 кг продукта при массовой концентрации биомассы 4 г/л; средний выход продукта на единицу биомассы – 0,8 г/г.

3. Проектировочная задача (20 мин)

Составьте упрощённую структурную схему SCADA-системы для контроля температурного и липидного параметров в процессе ферментации. Укажите, какие датчики и исполнительные механизмы вы подключаете на каждом уровне АСУ.

4. Демонстрация навыков работы в ПО (30 мин)

На компьютере продемонстрируйте последовательность создания простого тренда (графика) изменения pH в среде InTouch или аналогичной SCADA-системе: настройка тега, интервалы опроса, построение тренда, сохранение отчёта.

Контрольная точка 2

Тематический блок 2 (модули 3–4): «Очистка, стабилизация и системы автоматизации»

Форма: коллоквиум (устная + письменная часть)

Время: 90 мин

1. Краткий ответ (5 мин)

Назовите основные отличия ультрафильтрации от нанофильтрации по размеру пор и рабочему давлению.

2. Письменная задача (20 мин)

Рассчитайте производительность мембранной установки для очистки сыворотки, если через модуль с эффективной площадью 8 м<sup>2</sup> при давлении на входе 3,0 бар проходит 12 м<sup>3</sup>/ч, а выходное давление 0,6 бар. Оцените поток проницаемого объёма (л/м<sup>2</sup>·ч).

3. Проектировочная задача (20 мин)

Схематично спроектируйте блочную технологическую линию очистки и стабилизации плодово-ягодного экстракта, включив: мембранную фильтрацию, сорбцию на активированном угле и сушку распылением. Укажите параметры расхода сырья и основные технологические показатели (давление, температура, влажность).

4. Демонстрация навыков работы в ПО (30 мин)

На ПК покажите создание и тестирование структуры SQL-базы для хранения технологических параметров АСУ (таблица «Filtration», поля: Timestamp, Pressure\_in (бар), Flux (л/м<sup>2</sup>·ч), Temperature (°C)). Выполните три простейших SELECT-запроса.

Контрольная точка 3

Тематический блок 3 (модули 5–6): «Контроль качества и оптимизация процессов»

Форма: коллоквиум (устная + письменная часть)

Время: 90 мин

1. Краткий ответ (5 мин)

Перечислите четыре основных метода физико-химического контроля качества готового продукта и назовите для каждого ключевой прибор.

2. Письменная задача (20 мин)

Рассчитайте энергоёмкость процесса лиофилизации для камеры объёмом 60 л: начальная влажность 65 %, конечная 5 %, площадь сублимации 2,4 м<sup>2</sup>, удельная скорость сублимации 0,09 кг/(м<sup>2</sup>·ч), теплоподача 150 Вт/м<sup>2</sup>.

3. Проектировочная задача (20 мин)

Опишите адаптивный алгоритм регулирования подачи холодной воды в теплообменник по изменению температуры выходящего продукта: какие параметры вы мониторите, как рассчитываете уставку, как реализуете коррекцию.

4. Демонстрация навыков работы в ПО (30 мин)

В среде MATLAB/Simulink создайте простую модель ПИД-регулятора по температуре: дайте исходные параметры ( $K_p=1.5$ ,  $K_i=0.4$ ,  $K_d=0.1$ ), продемонстрируйте реакцию системы на ступенчатое изменение уставки.

**Примерные оценочные материалы  
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)  
по итогам освоения дисциплины (модуля)**

Экзаменационные билеты по дисциплине «Оборудование и автоматизация биотехнологических процессов».

Билет № 1

1. Перечислите основные уровни автоматизированной системы управления (АСУ) пищевыми биотехнологическими процессами.

2. Выполните расчет объема дискретного биореактора для ферментации: задано требуемое переработать 200 м<sup>3</sup> субстрата за 24 ч при цикле 8 ч; концентрация клеток в конце цикла — 5 г/л.

3. Опишите алгоритм настройки PID-регулятора температуры в процессах ферментации с использованием SCADA-системы.

Билет № 2

1. Назовите основные типы мембран, используемых в ультрафильтрации пищевых продуктов.

2. Спроектируйте технологическую схему очистки сыворотки с помощью ультрафильтрации и нанофильтрации: переработка 10 м<sup>3</sup>/ч, входное давление 2,5 бар, выходное — 0,5 бар.

3. Продемонстрируйте последовательность ввода в эксплуатацию PLC-контроллера для управления насосом подачи в систему мембранной очистки.

Билет № 3

1. Охарактеризуйте основные физико-химические методы контроля качества готовых пищевых продуктов.

2. Рассчитайте время сушки лиофилизационной камеры объемом 50 л при начальной влажности продукта 70 % и остаточной 5 %, если удельная скорость сублимации 0,1 кг/(м<sup>2</sup>·ч) и площадь контакта — 2 м<sup>2</sup>.

3. Опишите процесс разработки базы данных технологических параметров для автоматизированного учёта и мониторинга в пищевой биотехнологии.

Билет № 4

1. Перечислите основные функции SCADA-систем в управлении биотехнологическими установками.

2. Выполните подбор модели центрифуги для предварительного отделения клеток: объем партии 500 л, плотность суспензии 1,05 г/см<sup>3</sup>, требуемый остаток клеток не более 0,1 % по массе.

3. Пошагово опишите процедуру создания тренда параметров (температура, pH) в среде Wonderware InTouch.

Билет № 5

1. Назовите этапы технологической схемы стабилизации продуктов с помощью сушки горячим воздухом.

2. Составьте расчетный баланс воздуха для сушилки барабанного типа: влажность сырья до сушки 60 %, после — 10 %; расход сырья 200 кг/ч; влажность входящего воздуха 10 %.

3. Опишите методику калибровки датчика влажности в канале сушки.

Билет № 6

1. Дайте определение понятию «энергоэффективность» в контексте биотехнологических процессов.

2. Проведите расчет потребления электроэнергии при работе трех перемешивающих устройств по 1,5 кВт, 8 ч в сутки, 300 дн/год.

3. Опишите алгоритм адаптивного управления скоростью перемешивания в зависимости от вязкости среды.

Билет № 7

1. Назовите основные виды биореакторов и их области применения в пищевой биотехнологии.

2. Выберите и обоснуйте тип биореактора для производства йогурта с суточной производительностью 10 т, указав ключевые параметры (объем, материал, перемешивание).

3. Продемонстрируйте последовательность моделирования процесса ферментации в MATLAB/Simulink.

Билет № 8

1. Перечислите биологические и инженерные причины падения производительности ферментации.

2. Рассчитайте коэффициент массовой передачи кислорода  $k_{La}$  для аэрируемого биореактора: скорость подачи воздуха 5 л/мин, объём 100 л, температура 30 °С.

3. Опишите настройку тревожных сигналов (alarms) в SCADA-системе при снижении  $pO_2$  ниже 20 %.

Билет № 9

1. Охарактеризуйте роль базы данных в истории технологических параметров производства.

2. Спроектируйте структуру таблицы для хранения показателей pH, температур и расхода воздуха в биореакторе (включите поля, типы данных и ключи).

3. Опишите процедуру резервного копирования и восстановления базы данных технологических параметров.

Билет № 10

1. Назовите основные методы микробиологического контроля сырья.

2. Рассчитайте минимальное время выдержки в термостате при 72 °С для пастеризации молока объёмом 100 л, если необходимо убить  $10^5$  КОЕ/мл.

3. Опишите настройку программы контроля качества в специализированном ПО (например, LabVIEW).

Билет № 11

1. Что такое «стабилизация» в биотехнологических процессах и зачем она нужна?

2. Составьте технологическую схему стабилизации сывороточного концентрата с помощью спрей-сушки: входное содержание сухих веществ 25 %, производительность 500 кг/ч.

3. Опишите алгоритм контроля температуры продукта по выходу из сушилки с помощью ПЛК.

Билет № 12

1. Перечислите требования к оборудованию для работы с агрессивными средами в пищевой биотехнологии.

2. Подберите материалы конструкций для теплообменника, контактирующего с молочной сывороткой при 80 °С.

3. Опишите процедуру инспекции и верификации сварных швов на ферментере.

Билет № 13

1. Охарактеризуйте принципы работы и применение датчиков pH в биореакторах.

2. Выполните расчёт калибровочной кривой датчика pH: измеренные значения 4.0, 7.0, 9.0; показания электродов 150 mV, 0 mV, -60 mV.

3. Опишите алгоритм автоматической коррекции pH в SCADA-системе через ввод щёлочи.

Билет № 14

1. Что такое PLC и какова его роль в АСУ пищевых производств?

2. Спроектируйте логику простого ПЛК-программы для управления насосом подачи культуры: включение при уровне ниже 30 % и выключение при 70 %.

3. Опишите процедуру отладки ПЛК-программы с использованием эмулятора.

Билет № 15

1. Перечислите виды контроля температуры на стадиях ферментации и очистки.

2. Рассчитайте тепловой баланс реакционной емкости: мощность нагревателя 5 кВт, теплоотдача через изоляцию 1 кВт, объём среды 200 л.

3. Опишите настройку тренда температуры в PLC/SCADA для оценки динамики прогрева.

Билет № 16

1. Опишите методы контроля органолептических показателей готовой продукции.

2. Разработайте план отбора проб для сенсорного анализа сыра: 5 параметров оценки, 12 панелистов, двухкратное повторение.

3. Опишите внедрение результатов органолептического контроля в систему управления качеством.

Билет № 17

1. Что такое автоматическое регулирование технологического процесса?
2. Выполните расчет коэффициентов PID-регулятора: задающая величина температуры 37 °С, текущая 34 °С,  $\Delta t = 10$  с,  $K_p = 2.0$ ,  $K_i = 0.5$ .

3. Опишите методику валидации настроек регулятора на реальном оборудовании.

Билет № 18

1. Перечислите основные параметры энергоэффективности оборудования.
2. Проведите расчет удельного энергопотребления для центрифуги 3 кВт, работающей 2000 ч/год при загрузке 80 %.
3. Опишите процесс оптимизации режима работы оборудования для снижения энергозатрат.

Билет № 19

1. Дайте определение понятию «микробиологический контроль процесса».
2. Рассчитайте скорость роста микробной культуры: начальная концентрация  $1 \times 10^6$  КОЕ/мл, конечная  $8 \times 10^6$  КОЕ/мл за 6 ч.
3. Опишите использование специализированного ПО для обработки микробиологических данных.

Билет № 20

1. Что включает в себя понятие «аппаратурная схема» технологического процесса?
2. Нарисуйте упрощённую аппаратурную схему ферментационной линии с биореактором ( $V = 1000$  л), теплообменником и сепаратором.
3. Объясните, как выполнить проверку схемы на соответствие требованиям безопасности (HAZOP-анализ).

Билет № 21

1. Назовите основные программные среды для моделирования биотехнологических процессов.
2. Сравните возможности MATLAB/Simulink и Aspen Plus при моделировании стадии очистки, приведя два преимущества и два ограничения каждого.
3. Опишите практику использования пакета Plant Simulation для оценки пропускной способности линии.

Билет № 22

1. Охарактеризуйте работу системы сбора и архивирования производственных данных (Historian).
2. Спроектируйте структуру базы Historian: интервалы записи 1 с, ключевые теги – температура, pH, расход воздуха.
3. Опишите процесс восстановления данных после сбоя системы.

Билет № 23

1. Что понимается под «линейной скоростью потока» в мембранных установках?
2. Рассчитайте линейную скорость в трубопроводе диаметром 50 мм при расходе  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ .
3. Опишите методику измерения расхода в мембранном модуле.

Билет № 24

1. Перечислите показатели, характеризующие качество воды для технологических нужд.
2. Рассчитайте потребность в деминерализованной воде для очистки установки: 5 промывок по 200 л каждая.
3. Опишите построение автоматической системы дозирования реагентов при подготовке воды.

Билет № 25

1. Дайте определение «сепарации клеток» и перечислите методы.
2. Выполните расчет производительности дискового центрифуги: 2 бар перепада давления, поток  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ .
3. Опишите процедуру настройки параметров центрифуги в SCADA-системе.

Билет № 26

1. Что такое «лиофилизация» и в каких случаях она применяется?
2. Составьте расчёт вакуума для лиофилизатора: температура конденсации пара  $-50$  °С, требуемая скорость сублимации  $0,08 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , площадь  $1,5 \text{ м}^2$ .
3. Опишите последовательность контроля и регистрации параметров лиофилизационного процесса.

Билет № 27

1. Назовите требования к программному обеспечению для управления энергоэффективностью.
2. Разработайте простой алгоритм подсчёта удельного энергопотребления на стадии перемешивания с учётом загрузки и частоты вращения.
3. Опишите внедрение и тестирование данного алгоритма в MATLAB.

Билет № 28

1. Перечислите основные стандарты и нормативы безопасности для оборудования пищевой биотехнологии.
2. Проведите оценку соответствия резервного питания ферментера требованиям (необходимо обеспечить 2 ч автономной работы при нагрузке 10 кВт).
3. Опишите процедуру периодической верификации системы аварийного отключения.

Билет № 29

1. Что понимается под «динамикой процесса» и почему её важно контролировать?
2. Выполните расчет времени установления режима для температуры:  $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau$  (время запаздывания) = 5 мин, постоянная времени системы = 10 мин.
3. Опишите методику построения и анализа переходных процессов в специализированном ПО.

Билет № 30

1. Перечислите основные принципы многоуровневой защиты автоматизированных систем управления.
2. Спроектируйте схему разграничения прав доступа в SCADA-системе из трёх ролей: оператор, инженер, администратор.
3. Опишите процедуру аудита событий безопасности и формирования отчётов.

**Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)**

Перечень тем письменных (реферативных) работ по дисциплине «Оборудование и автоматизация биотехнологических процессов». Каждая тема ориентирована на углублённое изучение ключевых аспектов курса.

1. Современные SCADA-системы в пищевой биотехнологии  
Обзор архитектуры, функциональных возможностей и примеров внедрения SCADA-решений для управления ферментацией и очисткой.
2. Разработка и оптимизация технологических схем ферментации  
Методики проектирования, выбор оборудования и адаптация схем под требования энерго- и ресурсосбережения.
3. Использование мембранных процессов для очистки биотехнологических продуктов  
Сравнительный анализ ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса в пищевой отрасли.
4. Энергоэффективность биотехнологического оборудования  
Критерии оценки и методы повышения КПД при работе перемешивающих устройств, теплообменников и сушилок.
5. Автоматическое регулирование параметров биопроцессов с помощью PID-регуляторов  
Принципы настройки, алгоритмы тюнинга и примеры реализации в SCADA- и PLC-средах.
6. Применение PLC для управления технологическим оборудованием в пищевой биотехнологии  
Особенности программирования логики, отладка на эмуляторе и интеграция с базами данных.
7. Системы сбора и анализа технологических данных (Historian)  
Архитектура, структура тегов и практика восстановления данных после сбоя.
8. Контроль качества пищевых продуктов: физико-химические и микробиологические подходы  
Методы измерения pH, температуры, микро- и макроэлементов, а также оценка органолептики.
9. Программные средства моделирования биотехнологических процессов: MATLAB/Simulink vs. Aspen Plus  
Сравнительный анализ возможностей, преимуществ и ограничений для стадий ферментации и очистки.
10. Оптимизация процессов лиофилизации и сушки: математическое моделирование и ПО  
Обзор пакетов для расчёта режимов сублимации и тепломассообмена.
11. Критерии оценки эффективности биотехнологических процессов  
Показатели выходности, производительности, экологической и экономической эффективности.
12. Нормативно-правовые требования и стандарты безопасности оборудования пищевой биотехнологии  
Государственные и международные регламенты, процедуры верификации и аттестации