

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Факультет промышленной технологии лекарств

Кафедра биотехнологии

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## **Б1.О.27 БИОИНЖЕНЕРИЯ**

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

Профиль подготовки: Производство биофармацевтических препаратов

Формы обучения: очная

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Год набора: 2022

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 6 з.е.  
в академических часах: 216 ак.ч.

**Разработчики:**

Кандидат биологических наук, доцент, кафедра биотехнологии Топкова О. В.

Оценочные материалы составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10.08.2021 № 736, с учетом трудовых функций профессиональных стандартов: "Специалист по промышленной фармации в области исследований лекарственных средств", утвержден приказом Минтруда России от 22.05.2017 № 432н; "Специалист в области биотехнологии биологически активных веществ", утвержден приказом Минтруда России от 22.07.2020 № 441н.

**Согласование и утверждение**

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Кафедра биотехнологии	Заведующий кафедрой, руководитель подразделения, реализующего ОП	Колодязная В. А.	Рассмотрено	06.06.2022, № 13
2	Кафедра биотехнологии	Ответственный за образовательную программу	Топкова О. В.	Согласовано	07.06.2022
3	Методическая комиссия факультета	Председатель методической комиссии/совета	Алексеева Г. М.	Согласовано	01.07.2022, № 7

**Согласование и утверждение образовательной программы**

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет промышленной технологии лекарств	Декан, руководитель подразделения	Куваева Е. В.	Согласовано	23.06.2022, № 11

## 2. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний

ОПК-4.1 Применяет базовые инженерные и технологические знания при проектировании отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов и технологических процессов биотехнологического производства

*Знать:*

ОПК-4.1/Зн5 Знать технологическую схему подготовки стерильного сжатого воздуха

*Владеть:*

ОПК-4.1/Вн3 Владеть навыками расчета оборудования для стерилизации питательных сред

ОПК-4.2 Осуществляет обоснованный выбор проектных решений по созданию оптимальных аппаратурно-технологических схем, рациональных производственных помещений, схем управления и регулирования биотехнологических процессов с учётом требований масштабирования и оптимизации

*Знать:*

ОПК-4.2/Зн3 Знать технологическую и аппаратурную схемы подготовки стерильного сжатого воздуха

*Уметь:*

ОПК-4.2/Ум2 Уметь рассчитать аэрозольный фильтр с волокнистыми фильтрующими материалами и подобрать аэрозольный фильтр с жесткими фильтрующими перегородками

ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать качественные и количественные показатели получаемой продукции

ОПК-5.1 Обоснованно выбирает технологическое оборудование и осуществляет его эксплуатацию для реализации биотехнологического процесса

*Знать:*

ОПК-5.1/Зн3 Знать основное и специальное технологическое оборудование, используемое в биотехнологическом процессе

ОПК-5.1/Зн4 Знать гидродинамические условия и диффузионные процессы в ферментаторе и пути их оптимизации

ОПК-5.1/Зн5 Знать термодинамические процессы в биореакторе и методы их корректировки

*Уметь:*

ОПК-5.1/Ум5 Уметь оценить гидродинамические условия в ферментаторе и предложить пути их оптимизации

ОПК-5.1/Ум6 Уметь рассчитать тепловой эффект жизнедеятельности биообъектов и оценить эффективность теплоотводящих устройств

ОПК-5.1/Ум7 Уметь производить расчет оборудования для стерилизации питательных сред, выбирать ферментационное оборудование

ПК-П1 Способен проводить подготовительные работы для осуществления биотехнологического процесса получения БАВ

ПК-П1.1 Проводит работы по подготовке биотехнологической посуды и оборудования для проведения биотехнологического процесса

*Знать:*

ПК-П1.1/Зн2 Знать теорию и практику процессов стерилизации питательных сред и оборудования

*Уметь:*

ПК-П1.1/Ум2 Уметь оценить действующие режимы стерилизации, рассчитать режимы стерилизации питательных сред и оборудования

ПК-П1.3 Осуществляет приготовление питательных сред для культивирования микроорганизмов-продуцентов, клеточных культур животных и растений, вирусов заданного состава

*Знать:*

ПК-П1.3/Зн1 Знать теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с клеточными культурами животных и человека.

ПК-П1.3/Зн2 Знать теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с микроорганизмами.

ПК-П1.3/Зн4 Знать принцип выбора способа стерилизации питательных сред

ПК-П2 Способен проводить биотехнологический процесс с использованием культур микроорганизмов, клеточных культур растений и животных, вирусов

ПК-П2.1 Проводит культивирование микроорганизмов-продуцентов, клеточных культур животных и растений, вирусов

*Знать:*

ПК-П2.1/Зн1 Знать основные системы культивирования клеток, в том числе, трансформированных клеток животных и культуры клеток человека.

ПК-П2.1/Зн7 Знать теорию пенообразования и пеногашения в процессе ферментации и методы борьбы с пеной

ПК-П2.1/Зн8 Знать основные этапы массопередачи кислорода в процессе культивирования биообъектов и способы интенсификации массопередачи

*Уметь:*

ПК-П2.1/Ум5 Уметь оценивать пенообразующую способность компонентов питательных сред и предложить оптимальный способ пеногашения и наилучший пеногаситель для конкретного процесса культивирования

ПК-П5 Способен осуществлять руководство участком по производству БАВ

ПК-П5.4 Руководит проведением биотехнологического процесса производства БАВ

*Знать:*

ПК-П5.4/Зн3 Знать мероприятия, направленные на сокращение расхода энергоресурсов (пар, вода) в ходе процесса стерилизации оборудования и питательных сред

*Уметь:*

ПК-П5.4/Ум4 Уметь предложить рациональные ресурсосберегающие схемы стерилизации питательных сред и оборудования

### **3. Шкала оценивания**

#### **3.1. Уровни овладения**

**Компетенция: ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.**

*Индикатор достижения компетенции: ОПК-4.1 Применяет базовые инженерные и технологические знания при проектировании отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов и технологических процессов биотехнологического производства.*

Уровень	Характеристика
Повышенный	Свободно владеет знаниями алгоритмов расчета элементов установки непрерывной стерилизации. Самостоятельно и без ошибок проводит расчет оборудования для стерилизации питательных сред.
Базовый	Владеет знаниями алгоритмов расчета элементов установки непрерывной стерилизации. Умеет формулировать обобщения и делать выводы по теме вопроса. Допускает небольшие неточности в формулировках.
Пороговый	Допускает неточности в знании алгоритмов расчета элементов установки непрерывной стерилизации. Не умеет самостоятельно делать выводы и обобщения.
Ниже порогового	Имеет существенные пробелы в знаниях алгоритмов расчета элементов установки непрерывной стерилизации. Не умеет самостоятельно решить задачу по расчету процесса стерилизации.

*Индикатор достижения компетенции: ОПК-4.2 Осуществляет обоснованный выбор проектных решений по созданию оптимальных аппаратурно-технологических схем, рациональных производственных помещений, схем управления и регулирования биотехнологических процессов с учётом требований масштабирования и оптимизации.*

Уровень	Характеристика
Повышенный	Свободно владеет навыками расчета оборудования для стерилизации питательных сред, хорошо знает схему подготовки стерильного сжатого воздуха; самостоятельно решает задачи, отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.
Базовый	Владеет навыками расчета оборудования для стерилизации питательных сред, допускает незначительные погрешности в расчете, знает схему подготовки стерильного сжатого воздуха.
Пороговый	С ошибками рассчитывает оборудование для стерилизации питательных сред, может исправить ошибку только с посторонней помощью. Допускает ошибки в изображении технологической и аппаратурной схем подготовки стерильного сжатого воздуха.
Ниже порогового	Не владеет навыками расчета оборудования для стерилизации питательных сред, не знает схемы подготовки стерильного сжатого воздуха.

**Компетенция: ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать качественные и количественные показатели получаемой продукции.**

*Индикатор достижения компетенции: ОПК-5.1 Обоснованно выбирает технологическое оборудование и осуществляет его эксплуатацию для реализации биотехнологического процесса.*

Уровень	Характеристика
---------	----------------

Повышенный	Хорошо знает основное и вспомогательное оборудование, используемое в биотехнологических процессах, свободно владеет специальной терминологией. Свободно разбирается в гидродинамических, диффузионных и термодинамических процессах в биореакторе, способен самостоятельно оценить их и находить пути оптимизации и интенсификации.
Базовый	Знает основное и вспомогательное оборудование, используемое в биотехнологических процессах, владеет специальной терминологией. Умеет оценивать гидродинамические, диффузионные и термодинамические условия в биореакторе, допускает незначительные ошибки в решениях по оптимизации и интенсификации этих процессов.
Пороговый	Может перечислить основное оборудование, используемое в биотехнологических процессах, с ошибками называет вспомогательное оборудование. Имеет представление о гидродинамических, диффузионных и термодинамических процессах в биореакторе, допускает ошибки в терминологии. Владеет методами решения задач по оптимизации и интенсификации этих процессов, но допускает ошибки в решении.
Ниже порогового	Не знает основного и вспомогательного оборудования, используемого в биотехнологических процессах. Не понимает протекающих в биореакторе гидродинамических, диффузионных и термодинамических процессов, не может предложить решения по их оптимизации и интенсификации.

**Компетенция: ПК-III Способен проводить подготовительные работы для осуществления биотехнологического процесса получения БАВ.**

*Индикатор достижения компетенции: ПК-III.1 Проводит работы по подготовке биотехнологической посуды и оборудования для проведения биотехнологического процесса.*

Уровень	Характеристика
Повышенный	Хорошо знает теорию и практику процессов стерилизации питательных сред и оборудования, самостоятельно оценивает и рассчитывает оптимальный режим стерилизации.
Базовый	Знает теорию и практику процессов стерилизации питательных сред и оборудования, оценивает и рассчитывает режим стерилизации, допускает незначительные ошибки в расчетах.
Пороговый	Знает основные принципы стерилизации питательных сред и оборудования, допускает ошибки в терминологии, не может самостоятельно оценить режим стерилизации, при расчете режима допускает ошибки.
Ниже порогового	Не знает теорию и практику процессов стерилизации питательных сред и оборудования, не умеет самостоятельно оценить и рассчитать режим стерилизации.

*Индикатор достижения компетенции: ПК-III.3 Осуществляет приготовление питательных сред для культивирования микроорганизмов-продуцентов, клеточных культур животных и растений, вирусов заданного состава.*

Уровень	Характеристика
---------	----------------

Повышенный	Хорошо знает теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с микроорганизмами, клеточными культурами животных и человека. Самостоятельно и обоснованно выбирает способ стерилизации питательных сред.
Базовый	Знает теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с микроорганизмами, клеточными культурами человека и животных, может выбрать способ стерилизации питательных сред, затрудняется обосновать выбор.
Пороговый	Не твердо знает теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с микроорганизмами, клеточными культурами животных и человека, ошибается в терминологии, не может обоснованно выбрать способ стерилизации.
Ниже порогового	Не знает теорию и практику процессов приготовления и стерилизации питательных сред, стерилизации оборудования при работе с микроорганизмами, клеточными культурами животных и человека, не имеет представления о принципах выбора способа стерилизации

**Компетенция: ПК-П2 Способен проводить биотехнологический процесс с использованием культур микроорганизмов, клеточных культур растений и животных, вирусов.**

*Индикатор достижения компетенции: ПК-П2.1 Проводит культивирование микроорганизмов-продуцентов, клеточных культур животных и растений, вирусов.*

Уровень	Характеристика
Повышенный	Хорошо знает основные системы культивирования клеток, в том числе, трансформированных клеток животных и культуры клеток человека; полностью понимает процессы пенообразования, массопередачи кислорода в процессе культивирования. Самостоятельно оценивает пенообразующую способность компонентов питательной среды, предлагает рациональный способ пеногашения и интенсификации массопередачи кислорода.
Базовый	Знает основные системы культивирования клеток, в том числе, трансформированных клеток животных и культуры клеток человека; знает процессы пенообразования, массопередачи кислорода, основные методы пеногашения. Может предложить способы интенсификации массопередачи кислорода, допуская при этом незначительные ошибки, оценивает пенообразующую способность компонентов питательной среды. Выбирает метод пеногашения, но не всегда рациональный.
Пороговый	Знает не все основные системы культивирования клеток, в том числе, трансформированных клеток животных и культуры клеток человека; ошибается в оценке процессов пенообразования, затрудняется в определении этапов массопередачи кислорода. Может перечислить основные методы пеногашения, но допускает ошибки в определении пенообразующей способности компонентов питательной среды. Не может самостоятельно предложить оптимальный способ пеногашения.

Ниже порогового	Не знает основные системы культивирования клеток, в том числе, трансформированных клеток животных и культуры клеток человека; не может объяснить процесс пенообразования, назвать основные этапы массопередачи кислорода. Не умеет оценивать пенообразующую способность компонентов питательной среды и предлагать способ пеногашения.
-----------------	--

**Компетенция: ПК-П5 Способен осуществлять руководство участком по производству БАВ.**

*Индикатор достижения компетенции: ПК-П5.4 Руководит проведением биотехнологического процесса производства БАВ.*

Уровень	Характеристика
Повышенный	Хорошо знает мероприятия, направленные на сокращение расхода энергоресурсов (пар, вода) в ходе процесса стерилизации оборудования и питательных сред; умеет самостоятельно обосновать и предложить рациональные ресурсосберегающие схемы стерилизации питательных сред и оборудования.
Базовый	Знает основные мероприятия, направленные на сокращение расхода энергоресурсов (пар, вода) в ходе процесса стерилизации оборудования и питательных сред, умеет предложить рациональные ресурсосберегающие схемы стерилизации питательных сред и оборудования, но незначительно ошибается в обосновании.
Пороговый	Знает не все основные мероприятия, направленные на сокращение расхода энергоресурсов (пар, вода) в ходе процесса стерилизации оборудования и питательных сред; допускает ошибки в предложении рациональных ресурсосберегающих схем стерилизации питательных сред и оборудования, не может самостоятельно обосновать свое предложение.
Ниже порогового	Не знает мероприятия, направленные на сокращение расхода энергоресурсов (пар, вода) в ходе процесса стерилизации оборудования и питательных сред; не умеет предложить рациональные ресурсосберегающие схемы стерилизации питательных сред и оборудования.

#### 4. Контрольные мероприятия по дисциплине

Вид контроля	Форма контроля/Оценочное средство
Текущий контроль	Деловая игра Коллоквиум Разноуровневые задачи и задания Тест Письменный опрос Доклад, сообщение Индивидуальные задания Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь
Промежуточная аттестация	Экзамен

№ п/п	Наименование раздела	Контролируемые ИДК	Вид контроля/ используемые оценочные материалы	
			Текущий	Промежут. аттестация



1	Стерилизация питательных сред	ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-5.1 ПК-П1.1 ПК-П1.3 ПК-П5.4	Коллоквиум Разноуровневые задачи и задания Тест Письменный опрос Индивидуальные задания Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь	Экзамен
2	Аппаратура для культивирования биообъектов	ОПК-5.1 ПК-П2.1	Письменный опрос Доклад, сообщение Индивидуальные задания Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь	Экзамен
3	Стерилизация оборудования и коммуникаций	ПК-П1.1 ПК-П5.4	Письменный опрос Индивидуальные задания Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь	Экзамен
4	Термодинамические процессы в ферментаторе	ОПК-5.1	Коллоквиум Тест Письменный опрос Индивидуальные задания Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь	Экзамен
5	Гидродинамические условия в ферментаторе	ОПК-5.1	Деловая игра Разноуровневые задачи и задания Письменный опрос Контроль самостоятельной работы	Экзамен
6	Диффузионные процессы в ферментаторе	ОПК-5.1 ПК-П2.1	Письменный опрос Контроль самостоятельной работы	Экзамен
7	Подготовка стерильного сжатого воздуха	ОПК-4.1 ОПК-4.2	Разноуровневые задачи и задания Тест Письменный опрос Контроль самостоятельной работы рабочая тетрадь	Экзамен
8	Пенообразование и пеногашение в процессе ферментации	ПК-П2.1	Письменный опрос Контроль самостоятельной работы	Экзамен

## 5. Оценочные материалы текущего контроля

### *Раздел 1. Стерилизация питательных сред*

*Контролируемые ИДК: ОПК-4.1 ОПК-5.1 ОПК-4.2 ПК-П1.1 ПК-П1.3 ПК-П5.4*

*Тема 1.1. Кинетика гибели микроорганизмов.*

Форма контроля/оценочное средство: Разноуровневые задачи и задания

Вопросы/Задания:

1. Решить задачи

Задача № 1.

В цехе ферментации принят допустимый уровень нестерильности культуральной жидкости – 20 инфицированных операций в год. В цехе находятся 10 ферментаторов, которые работают периодически. Длительность цикла работы каждого ферментатора 175 часов. Число рабочих дней в году – 350.

Определить процент нестерильных операций в год по данным завода.

Задача № 2.

В 1 литр стерильной питательной среды, кипящей при 1 атмосфере, добавили 1 мл суспензии спор бактерий, содержащей  $10^8$  спор. Через 1 час среду для охлаждения разбавили двумя литрами стерильной холодной воды. В полученной жидкости обнаружили микробиологическим путем 760 спор в 1 мл.

Определить:

- удельную скорость отмирания спор по экспериментальным данным;
- время выдержки при данных условиях стерилизации при вероятности выживания микроорганизмов 0,01.

Задача № 3.

Определить, как изменится время выдержки при стерилизации  $50 \text{ м}^3$  питательной среды, если температура стерилизации будет не 130 градС, а 128 градС?

Задача № 4.

Какой должна быть температура стерилизации  $10 \text{ м}^3$  питательной среды, чтобы время выдержки не превышало 3 мин? Вероятность выживания микроорганизмов принять 0,001.

Задача № 5.

50 кг суспензии соевой муки содержат 6 кг соевой муки. Рассчитать обсемененность суспензии.

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Письменно ответить на вопросы по теме занятия

Ответ должен быть развернутым, с необходимыми пояснениями и рисунками (при необходимости)

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятия.

Перечень вопросов для подготовки к опросу:

1. Чем обусловлена необходимость выдержки питательной среды при стерилизации?
2. По какой формуле рассчитывается время выдержки?
2. Что такое  $N_0$ ? Как определяется эта величина?
3. Что такое  $N$ ? Как определяется эта величина?
4. Что такое  $K$ ? Что означает эта величина? Как она определяется?
5. От каких факторов и каким образом зависит удельная скорость гибели микроорганизмов?
6. При какой температуре стерилизуются питательные среды в промышленности?

*Тема 1.2. Методы стерилизации*

Форма контроля/оценочное средство: Коллоквиум

Вопросы/Задания:

1. Представить письменные ответы на вопросы коллоквиума в соответствии с билетом.

Коллоквиум проводится по билетам, который включает два теоретических вопроса и две задачи, проверяющие знания и умения по теме.

Форма контроля/оценочное средство: Тест

Вопросы/Задания:

## 1. Выполните тест

Используются тестовые задания из банка тестовых заданий по дисциплине. Номера тем заданий в банке тестовых заданий сформированы в зависимости от раздела курса. Спецификация тестов, формируемых на основе банка тестовых заданий:

- Длина теста: 5 тестовых заданий
- Временные ограничения: ограничен во времени – 3 минут, среднее время выполнения одного задания – 0,6 минут
- Способ формирования тестовой последовательности: случайный выбор заданий в рамках темы.

Полнотекстовые версии банка тестовых заданий размещены в рамках электронного учебно-методического комплекса <https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=1036>.

Структура банка тестовых заданий:

- вопросы закрытой формы с выбором одного правильного ответа - 12 (СПС3-СПС6, СПС9-СПС12, СПС16-СПС19)
- вопросы закрытой формы с выбором нескольких правильных ответов - 4 (СПС1-СПС2, СПС13, СПС20)
- вопросы закрытой формы с выбором "верно/неверно" - 4 (СПС7, СПС8, СПС14, СПС15)

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Письменно ответить на вопросы по теме занятия

Ответ должен быть развернутым, с необходимыми пояснениями и рисунками

Форма контроля/оценочное средство: Индивидуальные задания

Вопросы/Задания:

1. Решите задачу в соответствии с выданным вариантом

Задача № 6.

Необходимо простерилизовать питательную среду, содержащую полностью увлажненные твердые агломераты.

Определить: размер ячейки решетки фильтра при различных условиях (объем среды, концентрация твердых агломератов, температура стерилизации); оценить влияние переменных параметров на размер ячейки и объяснить причину. Обсемененность жидкой фазы рассчитать по обсемененности компонентов питательной среды с учетом воды на разбавление, твердой фазы – по соевой муке. Обсемененность солей принять по обсемененности мела, пропинола – по зеленой патоке, жира – кукурузному экстракту. Начальную температуру в центре агломерата принять 70 °С. Коэффициент температуропроводности принять по соевой муке.

Задача № 7.

Рассчитать время выдержки для стерилизации питательной среды периодическим способом при наличии и при отсутствии в ферментаторе «слабых точек».

Исходные данные для расчета принять в соответствии с заданием.

При расчете общего критерия стерилизации содержание микроорганизмов в исходной среде определить по обсемененности компонентов с учетом воды на разбавление.

Обсемененность минеральных солей принять по обсемененности мела, подсолнечного масла – по кукурузному экстракту. Вероятность выживания микроорганизмов принять  $N = 0,01$ . Скорость нагрева среды – 2,5 градуса в минуту. Скорость охлаждения среды – 1,2 градуса в минуту.

Задача № 8.

Рассчитать геометрический объем емкостного выдерживателя для стерилизации питательной среды.

Исходные данные для расчетов принять в соответствии с заданием. Вероятность выживания микроорганизмов при непрерывной стерилизации принять 0,001.

Задача № 9.

Определить диаметр и длину трубчатого выдерживателя. Исходные данные принять в соответствии с заданием. Вероятность выживания микроорганизмов  $N$  принять 0,001.

Задача № 10.

Рассчитать оптимальный трубчатый выдерживатель для стерилизации питательной среды. Исходные данные принять в соответствии с заданием. Вероятность выживания микроорганизмов  $N$  принять 0,001.

Задача № 11.

Рассчитать оптимальный трубчатый выдерживатель для стерилизации питательной среды, содержащей полностью увлажненные твердые агломераты. Исходные данные для расчетов принять по предыдущему заданию. Начальная температура в центре агломерата 70 °С. Радиус агломерата – 2-5 мм.

Задача № 12.

Определить экономию пара при стерилизации питательной среды с использованием схемы УНС с рекуперацией тепла. Необходимо приготовить среду для ферментатора вместимостью 50 м<sup>3</sup>.

- Коэффициент загрузки ферментатора – 0,8
- Плотность питательной среды – 1020 кг/м<sup>3</sup>
- Теплоемкость среды – принять по воде
- Среду готовят на водопроводной воде с температурой 18 °С
- Температура стерилизации 130 °С
- Давление пара, используемого для нагрева среды – 5 атм
- Среда в рекуператоре нагревается до температуры на 15 °С ниже температуры стерилизации
- Время цикла работы ферментатора – 132 часа
- Число дней на ППР- 15
- Число ферментаторов в цехе – 10

Определить количество сэкономленного пара в год при использовании УНС с рекуперацией тепла.

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятий
  3. Выполнить задания по теме №1 в рабочей тетради
- Перечень вопросов для подготовки к опросу:
1. Как оценить эффективность стерилизации?
  2. Как определить время выдержки при периодической стерилизации?
  3. Как рассчитать время выдержки при периодической стерилизации при наличии слабых точек?
  4. Назовите аппараты, входящие в УНС, для каких целей они предназначены?
  5. Какие конструкции выдерживателей вы знаете?
  6. Какие проблемы имеют место при эксплуатации выдерживателей?
  7. Какой принцип лежит в основе расчета выдерживателей?
  8. Как рассчитать рабочий объем выдерживателя?
  9. Как определить объемную скорость среды в выдерживателе?
  10. Что такое время операции стерилизации? Как его определить? Чем оно отличается от времени выдержки?
  11. Каким должно быть значение критерия  $Re$  для движения питательной среды в трубчатом выдерживателе?
  12. Что такое оптимальный трубчатый выдерживатель? Чем он отличается от обычного трубчатого?
  13. Как рассчитать оптимальный трубчатый выдерживатель?
  14. Какие теплообменники используются для охлаждения питательной среды в УНС и почему?
  15. До какой температуры охлаждается среда в теплообменнике?
  16. Изобразить схему УНС с рекуперацией тепла. Что дает ее использование?
  17. Достоинства и недостатки периодического и непрерывного способов стерилизации питательных сред.

## ТЕМА 1. Стерилизация питательных сред

Решить задачи:

1. Рассчитать массы компонентов по приведенной прописи для приготовления 8 м<sup>3</sup> питательной среды:

Компоненты ПС	Содержание компонентов, % (массо-объемные)	Масса компонентов, кг (привести полный расчет)
Глюкоза	2,5	
Пшеничная мука	3,5	
Соевая мука	1,7	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,6	
NaCl	0,5	
CaCO <sub>3</sub>	0,3	

2. Рассчитать обсемененность 68 кг суспензии пшеничной муки, содержащей 9 кг пшеничной муки.

### 2. Подготовесь к коллоквиуму №1 по теме "Стерилизация питательных сред"

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму:

1. Перечислите существующие методы стерилизации питательных сред. Какие из них могут использоваться на биотехнологических производствах?
2. Почему необходима выдержка при стерилизации питательной среды?
3. Как рассчитать время выдержки при стерилизации питательной среды для изотермических условий?
4. Что такое N<sub>0</sub> и N при расчете времени выдержки? Как определить эти величины?
5. Дайте определение удельной скорости гибели микроорганизмов. От чего зависит эта величина?
6. Какие проблемы возникают при стерилизации сред, содержащих полностью увлажненные комочки?
7. Какие способы стерилизации питательных сред существуют? Как они осуществляются?
8. При каких температурах стерилизуют питательные среды в промышленности и почему?
9. Что такое УНС? Перечислите аппараты, входящие в УНС и назовите их функции.
10. Почему при расчете времени выдержки для периодической стерилизации необходимо пользоваться методом графического интегрирования?
11. Как рассчитывают время выдержки при периодической стерилизации питательной среды?
12. Что такое критерий стерилизации? Как определяется эта величина?
13. Как оценить эффективность стерилизации?
14. Какие нагреватели могут использоваться в УНС?
15. Какие конструкции выдерживателей существуют и какие проблемы возникают при их эксплуатации?
16. Как можно решить проблемы, возникающие при работе емкостных выдерживателей?
17. Что такое оптимальный трубчатый выдерживатель?
18. Дайте определение понятиям «время выдержки» и «время операции стерилизации».
19. Как можно охлаждать питательную среду при стерилизации на УНС?
20. Какие теплообменники можно использовать для охлаждения питательной среды в УНС и почему?
21. Изобразите схему УНС с рекуперацией тепла, опишите ее. В чем преимущества использования такой схемы?
22. Назовите преимущества и недостатки периодического и непрерывного способов стерилизации питательных сред.
23. Какой принцип лежит в основе расчета выдерживателей? Как Вы его понимаете?
24. Как рассчитать критерий нагрева при периодической стерилизации? Приведите подробный алгоритм.
25. Как рассчитать критерий охлаждения при периодической стерилизации? Приведите

подробный алгоритм.

26. Что такое «слабые точки»? Как рассчитать время выдержки при наличии в аппарате «слабых точек»?

27. Алгоритм расчета емкостного выдерживателя.

28. Алгоритм расчета трубчатого выдерживателя.

29. Алгоритм расчета оптимального трубчатого выдерживателя.

Типовые задачи к коллоквиуму № 1.

1. Определить время выдержки питательной среды при непрерывной стерилизации при вероятности выживания микроорганизмов 0,01. Объем среды без конденсата - 16 м<sup>3</sup>. Плотность питательной среды – 1015 кг/м<sup>3</sup>. Температура стерилизации 1290С.

2. Рассчитайте, как изменится скорость нагрева и охлаждения при периодической стерилизации питательной среды при наличии «слабых» точек.

3. Оцените действующий режим стерилизации питательной среды и сделайте вывод. Температура стерилизации – 126 0С. Время выдержки – 8 минут.

4. Какой должна быть температура стерилизации 15 м<sup>3</sup> питательной среды, чтобы время выдержки не превышало 6 мин? Вероятность выживания микроорганизмов принять 0,001.

5. Рассчитайте критерий нагрева при периодической стерилизации питательной среды по следующим данным: Температура стерилизации – 126 0С. Скорость нагрева – 2 град/мин

6. Рассчитайте критерий охлаждения при периодической стерилизации питательной среды по следующим данным: Температура стерилизации – 125 0С. Скорость охлаждения – 1,5 град/мин

3. В рамках самостоятельной работы выполните задания по теме №1 в рабочей тетради  
Пример заданий по теме №1 в рабочей тетради:

1. Рассчитать массы компонентов по приведенной прописи для приготовления 8 м<sup>3</sup> питательной среды:

Компоненты ПС	Содержание компонентов, %(массо-объемные)	Масса компонентов, кг
Глюкоза	2,5	
Пшеничная мука	3,5	
Соевая мука	1,7	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,6	
NaCl	0,5	
CaCO <sub>3</sub>	0,3	

2. Рассчитать обсемененность 68 кг суспензии пшеничной муки, содержащей 9 кг пшеничной муки.

3. Рассчитать исходную обсемененность 10 м<sup>3</sup> питательной среды следующего состава:

Компонент	Содержание,% (массо-объемные)
Гидрол*	4,5
Кукурузный экстракт**	2,8
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,6
MgSO <sub>4</sub>	0,03
FeSO <sub>4</sub>	0,001
Жир животный	4,1
CaCO <sub>3</sub>	0,2
Вода водопроводная	

\*Гидрол содержит 50 % глюкозы

\*\*Кукурузный экстракт (по технической массе)

4. Используя данные задачи 3, рассчитать время выдержки питательной среды при температуре стерилизации 125 °С, вероятность выживания принять: а) 0,01; б) 0,001.

5. Какой должна быть температура стерилизации 6 м 3 питательной среды, чтобы время выдержки не превышало 5 мин? Вероятность выживания микроорганизмов принять 0,001.

6. Оцените действующие режимы стерилизации и сделайте выводы:

- а)  $t_{\text{стер}} = 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 2 \text{ мин}$
- б)  $t_{\text{стер}} = 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 10 \text{ мин}$
- в)  $t_{\text{стер}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 4 \text{ мин}$
- г)  $t_{\text{стер}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 12 \text{ мин}$
- д)  $t_{\text{стер}} = 136 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 1 \text{ мин}$
- е)  $t_{\text{стер}} = 136 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{выд}} = 9 \text{ мин}$

7. Построить графики нагрева и охлаждения для процесса периодической стерилизации питательной среды, используя заданные параметры:

- а)  $t_{\text{стер}} = 128 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
скорость нагрева – 1,5 град/мин; скорость охлаждения – 1,1 град/мин
- б)  $t_{\text{стер}} = 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
скорость нагрева – 2,5 град/мин; скорость охлаждения – 1,6 град/мин
- в)  $t_{\text{стер}} = 132 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
скорость нагрева – 2 град/мин; скорость охлаждения – 1,4 град/мин

8. Построить графики нагрева и охлаждения для процесса периодической стерилизации питательной среды при отсутствии и при наличии «слабых» точек:

- а)  $t_{\text{стер}} = 128 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{сл.точке}} = 124 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
скорость нагрева – 1,2 град/мин; скорость охлаждения – 1,1 град/мин
- б)  $t_{\text{стер}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{сл.точке}} = 122 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
скорость нагрева – 2,2 град/мин; скорость охлаждения – 1,4 град/мин

Форма контроля/оценочное средство: рабочая тетрадь

Вопросы/Задания:

1. В рамках самостоятельной работы при подготовке к занятиям и коллоквиуму выполните задания по теме 1.

Должны быть решены все задания темы №1.

## **Раздел 2. Аппаратура для культивирования биообъектов**

*Контролируемые ИДК: ОПК-5.1 ПК-П2.1*

### **Тема 2.1. Биореакторы и системы для культивирования клеток биообъектов**

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Письменно ответить на вопросы по теме занятия

Ответы на вопросы должны быть развернутыми, с пояснениями и рисунками при необходимости.

Форма контроля/оценочное средство: Доклад, сообщение

Вопросы/Задания:

1. Подготовить устное сообщение с презентацией по одной из предложенных тем в рамках выполнения самостоятельной работы

Устное сообщение должно составлять 10-15 минут и отражать основные результаты выполнения самостоятельной работы.

Презентация должна содержать не менее 8 слайдов.

Форма контроля/оценочное средство: Индивидуальные задания

Вопросы/Задания:

1. Соберите необходимые данные для заполнения таблицы ферментаторов

Изучить чертеж ферментатора определенного объема (в соответствии с индивидуальным заданием), найти необходимые данные и заполнить соответствующую строку таблицы ферментаторов (см шаблон таблицы).

Таблица ферментаторов (форма для заполнения)

Объем, м <sup>3</sup>	Диаметр рубашки, мм	Диаметр мм	Высота, мм	Высота, мм	Вид опор	Высота стоек/стакана, мм	Тип барботера	Диаметр, мм	Тип мешалки	Кол-во ярусов	Диаметр, мм	Количество отражательных перегородок	Внешние теплообменные устройства			Внутренние теплообменные устройства			Общая поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>
													Тип	Количество секций	F <sub>γ/a</sub> , м <sup>2</sup>	Тип	Количество	Размер ячейки, мм	

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовиться к письменному опросу по теме занятия.

Перечень вопросов для подготовки к опросу:

1. Из какого материала изготавливают ферментаторы?
2. Какова толщина стенки ферментатора?
3. Отражательные перегородки в ферментаторе, их назначение и требования к установке?
4. Барботеры – конструктивные особенности, требования к ним.
5. Какие мешалки используются для перемешивания культуральных жидкостей в ферментаторе и почему?
6. Требования к мешалкам, устанавливаемым в ферментаторах?
7. Наружные теплообменные устройства ферментаторов.
8. Способы повышения эффективности охлаждения при использовании наружных рубашек.
9. Что такое секционная рубашка? Что означает последовательное и параллельное подключение секций?
10. Внутренние теплообменные устройства ферментаторов.
11. Какие теплообменные устройства – наружные или внутренние – предпочтительнее использовать для отведения тепла ферментации и почему?
12. Как производится засев инокулятора из колб? Изобразить и описать.
13. Как производится передача посевного материала из посевного аппарата в ферментатор? Изобразить и описать.
14. Как производится выгрузка культуральной жидкости из ферментатора? Изобразить и описать.
15. Как поддерживается стерильность в процессе ферментации?

2. Выполните индивидуальное задание по одной из предложенных тем для выступления на мини-конференции.

Темы докладов на мини-конференции:

1. Барботажные и эрлифтные биореакторы
2. Струйные биореакторы
3. Биореакторы с самовсасывающей мешалкой
4. Мембранные биореакторы
5. Биореакторы для анаэробного культивирования (бродильные аппараты, цилиндрикоконические броуильные аппараты (ЦКБА))

3. В рамках самостоятельной работы выполните задание темы №2 в рабочей тетради  
ТЕМА 2. Ферментаторы (биореакторы)

1. Выполните эскиз ферментатора, обозначьте все внутренние и внешние устройства.



$V_{\phi} = \underline{\hspace{2cm}}$  м<sup>3</sup> (выбрать самостоятельно, использовать таблицу ферментаторов)

Форма контроля/оценочное средство: рабочая тетрадь

Вопросы/Задания:

1. Выполните задание по теме №2 в рабочей тетради

Выбрать ферментатор любого объема из таблицы ферментаторов и изобразить его эскиз с обозначением всех внутренних и внешних устройств.

### **Раздел 3. Стерилизация оборудования и коммуникаций**

*Контролируемые ИДК: ПК-П1.1 ПК-П5.4*

#### **Тема 3.1. Стерилизация биореакторов и монтажной схемы аппарата**

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Письменно ответьте на вопросы по теме занятия

Письменные ответы должны быть развернутыми, с необходимыми пояснениями и рисунками

Форма контроля/оценочное средство: Индивидуальные задания

Вопросы/Задания:

1. Решите задачу по теме занятия в соответствии с вариантом.

Задача.

Определить время выдержки при стерилизации пустого ферментатора с учетом стерилизующего эффекта в периоды нагрева и охлаждения аппарата, а также с учетом наличия «слабых точек» в ферментаторе. Исходные данные принять в соответствии с заданием (вариантом).

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь в письменному опросу по теме занятия.

Перечень вопросов для подготовки:

1. Какие типовые узлы с точки зрения стерилизуемости выделяют в монтажной схеме аппарата?
2. Как обеспечить стерильность открытых трубных окончаний?
3. Как обеспечить стерильность трубопроводов между аппаратами?
4. Как рассчитать режим стерилизации пустого ферментатора?

2. Выполните задания в рабочей тетраде по теме 3

Тема 3.

1. Изобразить монтажную схему ферментатора с учетом обеспечения ее гарантированной стерильности.

Условия:

- Ферментатор предназначен для выращивания аэробной культуры в стерильных условиях;
- Засев ферментатора осуществляется вегетативным посевным материалом через коллектор с нижним расположением;
- В процессе ферментации осуществляется пеногашение и корректировка рН культуральной жидкости, пеногаситель и титрующие агенты подаются через коллекторы с верхним расположением;
- Ежедневно проводятся отборы проб культуральной жидкости для контроля процесса ферментации.

2. Изобразить и описать, каким образом проводится засев инокулятора из колб.

3. Изобразить и описать, как производится передача посевного материала из посевного аппарата в ферментатор.

4. Изобразить и описать, как производится выгрузка культуральной жидкости из ферментатора.

Форма контроля/оценочное средство: рабочая тетрадь

Вопросы/Задания:

1. В рамках самостоятельной работы выполните задания в рабочей тетради по теме №3. Должны быть выполнены все задания по теме №3 в рабочей тетради.

#### ***Раздел 4. Термодинамические процессы в ферментаторе***

*Контролируемые ИДК: ОПК-5.1*

##### *Тема 4.1. Кинетика теплоты жизнедеятельности*

Форма контроля/оценочное средство: Коллоквиум

Вопросы/Задания:

1. Представьте письменные ответы на вопросы коллоквиума в соответствии с билетом. Коллоквиум проводится по билетам. Билет включает два вопроса и одну задачу, проверяющие знания и умения по темам.

Форма контроля/оценочное средство: Тест

Вопросы/Задания:

1. Выполните тест

Используются тестовые задания из банка тестовых заданий по дисциплине. Номера тем заданий в банке тестовых заданий сформированы в зависимости от раздела курса. Спецификация тестов, формируемых на основе банка тестовых заданий:

Длина теста - 5 тестовых заданий

Временные ограничения - ограничен по времени - 3 минуты, среднее время выполнения одного задания - 0,6 минут

Способ формирования тестовой последовательности - случайный выбор заданий в рамках темы.

Полнотекстовые версии банка тестовых заданий размещены в рамках электронного учебно-методического комплекса <https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=1036>.

Структура банка тестовых заданий:

- вопросы закрытой формы с выбором одного правильного ответа - 8 (ТД1, ТД6, ТД8, ТД9, ТД14, ТД20, ТД22, ТД29)

- вопросы закрытой формы с выбором нескольких правильных ответов - 4 (ТД7, ТД13, ТД15, ТД16)

- вопросы закрытой формы с выбором «верно / неверно» - 9 (ТД3-ТД5, ТД11, ТД12, ТД19, ТД24, ТД25, ТД28)

- вопросы закрытой формы на установление соответствия - 1 (ТД2)

- вопросы открытой формы с кратким ответом в виде числа - 2 (ТД10, ТД23)

- вопросы открытой формы с кратким ответом в виде одного или нескольких слов - 2 (ТД17, ТД18)

- вопросы открытой формы с выбором пропущенных слов из выпадающих меню - 3 (ТД21, ТД26, ТД27)

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Представьте письменные ответы на вопросы по теме занятия.

Ответы должны быть развернутыми, включать необходимые пояснения и рисунки/схемы.

Форма контроля/оценочное средство: Индивидуальные задания

Вопросы/Задания:

1. Решите задачи в соответствии с вариантом.

Задача 1.

Рассчитать тепловой эффект биосинтеза канамицина. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

## Задача 2.

Рассчитать тепловой эффект биосинтеза пенициллина при условии, что процесс ферментации проводится полунепрерывным способом. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятия.

Вопросы для подготовки:

По какой формуле рассчитывается тепловой эффект биосинтеза?

2. По каким компонентам среды рассчитывается теплота сгорания субстрата?
3. Что такое удельная теплота сгорания вещества, в каких единицах она выражается?
4. Как определить массу компонента в среде?
5. Как определить массу влажного и сухого мицелия в начале ферментации?
6. Как определить массу влажного и сухого мицелия в конце ферментации?
7. Как определить массу целевого продукта в культуральной жидкости?
8. Как определить удельную теплоту сгорания целевого продукта?
9. Что такое эквивалентная масса компонента?
10. Какой компонент среды принимают за наиболее энергоемкий?
11. Как рассчитать количество потребленного кислорода и выделившегося углекислого газа в процессе ферментации?

2. Выполните задания в рабочей тетради по теме №4

## ТЕМА 4. Термодинамика процесса ферментации

Решить задачи:

1. Рассчитать теплоту сгорания субстрата по следующим данным:

$$V_f = 20 \text{ м}^3 \quad \varphi_{\text{загр}} = 0,7$$

Компоненты ПС    Содержание компонентов ПС, % (массо-объем.)    Масса компонента в ПС, кг  
Масса основного вещества, кг  $H_i$ , кДж/кг  $q_i$ , кДж

Крахмал	2
Мука соевая	3
Мука кукурузная	1,2
Калий хлористый	0,4
Натрий фосфорнокислый двузамещенный	0,25
Мел	0,1

Итого:  $q_s =$

Приведите                      пример                      расчета                      массы                      компонента.

2. Рассчитать теплоту сгорания субстрата по следующим данным:

$$V_f = 6,3 \text{ м}^3 \quad \varphi_{\text{загр}} = 0,8$$

Компоненты ПС    Содержание компонентов ПС, % (массо-объем.)    Масса компонента в ПС, кг  
Масса основного вещества, кг  $H_i$ , кДж/кг  $q_i$ , кДж

Гидрол*	4
Мука соевая	2,6
Мука пшеничная	0,8
Натрий азотнокислый	0,25
Магний хлористый	0,06
Масло рапсовое	2,3

Итого:  $q_s =$

\* - гидрол содержит 50 % глюкозы

Пример расчета массы компонента:

3. Рассчитать теплоту сгорания вновь образованного мицелия по следующим данным:

$$V_{\text{ф}} = 10 \text{ м}^3$$

$$\varphi_{\text{загр}} = 0,75$$

$$V_{\text{пос. мат.}} = 14 \% \text{ от } V_{\text{загр.ф.}}$$

Концентрация мицелия в посевном материале – 15 %

Концентрация мицелия в культуральной жидкости – 10 %

Влажность мицелия – 80 %

Продукт относится к мицелиальным грибам.

Решение:

1)  $V_{\text{загр.ф.}} =$

2)  $V_{\text{пос.мат.}} =$

3)  $m_{\text{миц.нач.}} =$

4)  $m_{\text{миц.кон.}} =$

5)  $H_{\text{миц. нач.}} =$

6)  $H_{\text{миц. кон.}} =$

7)  $q_{\text{м. кон.}} =$

8)  $q_{\text{м. нач.}} =$

9)  $q_{\text{м.}} =$

4. Рассчитать теплоту сгорания вновь образованной биомассы по следующим данным:

$$V_{\text{ф}} = 2 \text{ м}^3$$

$$\varphi_{\text{загр}} = 0,8$$

$$V_{\text{пос. мат.}} = 5 \% \text{ от } V_{\text{загр.ф.}}$$

Концентрация биомассы в посевном материале – 12 %

Концентрация биомассы в культуральной жидкости – 20 %

Влажность биомассы – 80 %

Продукт относится к бактериям.

5. Определить удельную теплоту сгорания антибиотика:

а) эритромицина

Брутто-формула:

$$H_p = 204,2n + 44,4m + \sum x, \text{ кДж/моль}$$

1) Уравнение полного окисления 1 молекулы антибиотика

---

2)  $n =$  \_\_\_\_\_ ;  $m =$  \_\_\_\_\_

3)  $\sum x =$

Учтенные химические связи:

---

4)  $H_p =$

б) нистатина

Брутто-формула:

Решение:

в) рифампицина

Брутто-формула:

Решение:

6. Определить теплоту сгорания целевого продукта, используя данные задачи 5:

а) Эритромицин

$$V_{\text{ф}} = 16 \text{ м}^3$$

$\phi_{\text{слива}} = 0,75$

Акж = 15000 ЕД/мл

Удельная активность эритромицина – 1000 ЕД/мг.

б) Нистатин

$V_{\text{ф}} = 32 \text{ м}^3$

$\phi_{\text{слива}} = 0,8$

Акж = 70000 ЕД/мл

Удельная активность нистатина – 1000 ЕД/мг.

в) Рифампицин

$V_{\text{ф}} = 10 \text{ м}^3$

$\phi_{\text{слива}} = 0,78$

Акж = 6500 ЕД/мл

Удельная активность рифампицина – 1000 ЕД/мг.

3. Подготовьтесь к коллоквиуму №2 по теме "Конструктивные особенности ферментатора. Термодинамика процесса ферментации".

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Изобразите общий вид ферментатора, укажите его основные конструктивные особенности.
2. Из какого материала изготавливают ферментаторы и почему? Какова толщина стенки ферментатора?
3. Какие функции в ферментаторе выполняют отражательные перегородки? Требования к их установке.
4. Какие перемешивающие устройства могут использоваться в ферментаторах и почему?
5. Какие требования предъявляются к перемешивающим устройствам в ферментаторе?
6. Барботеры – конструктивные особенности, требования к барботерам.
7. Какие перемешивающие устройства могут использоваться в ферментаторах и почему?
8. Особенности перемешивания при культивировании клеток растений и животных.
9. Наружные теплообменные устройства ферментаторов. Как повысить эффективность охлаждения при использовании наружных теплообменных устройств?
10. Что такое секционная рубашка? В каких случаях она используется? Изобразите последовательное и параллельное подключение секций.
11. Какие внутренние теплообменные устройства могут быть в ферментаторах? Изобразите их и опишите.
12. Какие теплообменные устройства – внутренние или наружные – предпочтительнее использовать в ферментаторах и почему?
13. В чем заключаются преимущества и недостатки одноразовых биореакторов при их использовании в биотехнологических процессах?
14. Как производится засев инокуляторов из колб? Изобразить и описать последовательность действий.
15. Как осуществляется передача посевного материала из посевного аппарата в ферментатор? Изобразить и описать.
16. Как осуществляется выгрузка культуральной жидкости из ферментатора? Изобразить и описать.
17. Каким образом осуществляется подача в ферментатор стерильной жидкости в процессе ферментации?
18. Как поддерживают стерильные условия в процессе ферментации?
19. Какие типовые узлы с точки зрения стерилизуемости выделяют в монтажной схеме аппарата (ферментатора)?
20. Изобразите узел подачи в ферментатор стерильного сжатого воздуха. Каким образом такой узел стерилизуют?
21. Что такое монтажная схема аппарата? Какие узлы входят в монтажную схему ферментатора?
22. Назовите наиболее вероятные места появления «слабых» точек в процессе стерилизации

пустого ферментатора, объясните причины их появления.

23. Для чего используются коллекторы? Какие виды коллекторов существуют? Изобразите их.

24. Какие типовые узлы с точки зрения стерилизуемости выделяют в монтажной схеме аппарата?

25. Перечислите узлы в монтажной схеме ферментатора, относящиеся к открытым трубным окончаниям. Изобразите их. Как они стерилизуются? Каким образом поддерживается стерильность в открытых трубных окончаниях?

26. Что такое термический затвор, его назначение. Изобразите термический затвор. Как стерилизуются термические затворы? Каким образом поддерживается стерильность в них в процессе ферментации?

27. Как рассчитать режим стерилизации пустого ферментатора?

28. Какими способами можно нагревать пустой ферментатор при стерилизации?

29. Какой способ подачи острого пара в ферментатор при его стерилизации – снизу или сверху – предпочтительнее и почему?

30. Какие пути существуют для повышения надежности стерилизации ферментаторов?

31. Какие два направления существуют в культивировании клеток животных? Опишите в общем виде, как они осуществляются.

32. Назовите основные преимущества использования газо-вихревых биореакторов.

33. Как рассчитать тепловой эффект биосинтеза?

34. Как рассчитать теплоту сгорания субстрата?

35. Как рассчитать теплоту сгорания вновь образованного мицелия?

36. Как рассчитать теплоту сгорания целевого продукта?

37. Как определить удельную теплоту сгорания целевого продукта?

38. Что такое эквивалентная масса компонента? Какой компонент принимают за самый энергоемкий?

39. Как рассчитать количество потребленного в процессе ферментации кислорода и выделившегося углекислого газа?

#### Типовые задачи к коллоквиуму № 2

1. Рассчитать теплоту сгорания субстрата. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

2. Рассчитать теплоту сгорания вновь образованного мицелия. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

3. Рассчитать теплоту сгорания целевого продукта. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

4. Определить количество потребленного кислорода и выделившегося углекислого газа в процессе ферментации. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

5. Определить эквивалентную массу наиболее энергоемкого компонента. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

6. Определить удельную теплоту сгорания антибиотика.

7. Определить тепловой эффект (Qж/д) биосинтеза. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

Форма контроля/оценочное средство: рабочая тетрадь

Вопросы/Задания:

1. В рамках самостоятельной работы при подготовке к коллоквиуму №2 выполните задания темы №4 в рабочей тетради.

Все задания темы № 4 должны быть выполнены полностью.

### **Раздел 5. Гидродинамические условия в ферментаторе**

*Контролируемые ИДК: ОПК-5.1*

*Тема 5.1. Процессы перемешивания в биореакторе*

Форма контроля/оценочное средство: Деловая игра

Вопросы/Задания:

1. Выполните задания в рамках проведения деловой игры на тему "Реконструкция перемешивающего устройства биореактора"

Порядок проведения деловой игры на тему "Реконструкция перемешивающего устройства биореактора"

1. Первый этап - организационный:

- преподаватель излагает цель деловой игры, условия ее проведения, дает исходную информацию;

- из состава учебной группы создается структурно-игровой комплекс: подгруппы по 4-5 человек, в каждой подгруппе выбирается "главный технолог", который будет координировать работу подгруппы по ходу деловой игры. Роль арбитра выполняет преподаватель.

2. Второй этап - игровой:

- участники игры выполняют необходимые расчеты по индивидуальному для каждой подгруппы заданию, запрашивают при необходимости дополнительную информацию;

- оформляют расчеты по заданной форме, пишут заключение.

3. Третий этап - представление результатов реконструкции перемешивающего устройства арбитра и всей группе. Дискуссия.

4. Четвертый этап - подведение итогов деловой игры.

Форма контроля/оценочное средство: Разноуровневые задачи и задания

Вопросы/Задания:

1. Решите задачи по теме занятия.

Задача

Рассчитать удельный вклад мощности на перемешивание культуральной жидкости в промышленном ферментаторе, используя различные методы для расчета. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

Сделайте вывод о необходимости реконструкции перемешивающего устройства.

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Ответьте в письменном виде на вопросы по теме занятия.

Ответы должны быть полными, содержать необходимые пояснения и рисунки/схемы.

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятия

Вопросы для подготовки:

1. Роль перемешивания в процессе культивирования биообъектов.

2. Что такое  $N_{ж}$ ? Как определяется эта величина?

3. Что такое  $N_{г-ж}$ ? Как определяется эта величина?

4. Что показывает удельный вклад мощности на перемешивание? Как определить этот показатель?

5. Что лежит в основе методик расчета  $N_{уд}$ ?

6. Каким образом можно интенсифицировать процесс перемешивания культуральной жидкости?

7. Какие параметры перемешивающего устройства можно изменять при его реконструкции?

## ***Раздел 6. Диффузионные процессы в ферментаторе***

*Контролируемые ИДК: ОПК-5.1 ПК-П2.1*

### ***Тема 6.1. Массопередача кислорода***

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Дайте письменные ответы на вопросы по теме

Ответ на вопрос должен быть развернутым, содержать необходимые пояснения и рисунки/схемы.

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме

Вопросы для подготовки:

1. Этапы массопередачи кислорода. На каких этапах сопротивление наиболее существенное?
2. Объемный коэффициент массопередачи.
3. Как изменяется объемный коэффициент массопередачи при изменении расхода воздуха?
5. Как влияет на массопередачу кислорода интенсивность перемешивания?
6. Концентрация кислорода в культуральной жидкости – равновесная, рабочая, критическая.
7. Какой должна быть концентрация кислорода в культуральной жидкости? Чем она отличается для культур, растущих в виде отдельных клеток и мицелиальных культур?
8. Как влияет вязкость культуральной жидкости на массопередачу кислорода?

## **Раздел 7. Подготовка стерильного сжатого воздуха**

Контролируемые ИДК: ОПК-4.1 ОПК-4.2

*Тема 7.1. Методы стерилизации воздуха.*

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Выполните задания по теме №5 в рабочей тетради

1. Изобразите графики зависимости эффективности очистки от скорости фильтрации и диаметра частиц загрязнений.

2. Определите доминирующий механизм осаждения частиц загрязнений на волокнистых материалах при условии:

а)  $\omega_{кр} = 0,03$  м/с,  $\omega_{min} = 0,025$  м/с

---

б)  $\omega_{кр} = 0,081$  м/с,  $\omega_{min} = 0,086$  м/с

---

в)  $\omega_{кр} = 0,062$  м/с,  $\omega_{min} = 0,056$  м/с

---

г)  $d_{наиб. проники} = 0,3$  мкм,  $d_{частицы} = 0,45$  мкм

---

д)  $d_{наиб. проники} = 0,3$  мкм,  $d_{частицы} = 0,25$  мкм

3. Определите доминирующий механизм осаждения частиц загрязнений на волокнистых материалах

Критическая скорость фильтрации для наиболее проникающих частиц 0,054 м/с

Давление подаваемого воздуха – 2,5 атм,

Поверхность фильтрации кассетного фильтра 0,3 м<sup>2</sup>, количество фильтров – 3шт.,

Минимальный расход воздуха в процессе ферментации определите из данных таблицы:

Время

ферментации, ч                      Расход воздуха, об/об/мин

0-8 ч    0,6

8-16 ч     0,9

16-40 ч    1,2

40-72 ч    0,9

Форма контроля/оценочное средство: рабочая тетрадь

Вопросы/Задания:

1. В рамках самостоятельной работы выполните задания темы №5 в рабочей тетради

Все задания должны быть выполнены полностью.



*Тема 7.2. Технологическая схема подготовки стерильного сжатого воздуха.*

Форма контроля/оценочное средство: Разноуровневые задачи и задания

Вопросы/Задания:

1. Решите задачу по теме занятия

Задача

Рассчитать высоту насадки аэрозольного фильтра. Исходные данные принять в соответствии с заданием.

Фильтр работает без стерилизации в течение 10 операций ферментации.

Размеры стандартных фильтров:

- фланцевые –  $D = 100; 200; 300; 400$  мм.
- кассетные – поверхность фильтрации  $F = 0,11; 0,3; 0,6$  м<sup>2</sup>.

Для запаса надежности увеличить рассчитанную высоту насадки в 1,5 раза.

При расчете числа слоев фильтрующего материала высоту 1 слоя взять в уплотненном состоянии.

Форма контроля/оценочное средство: Тест

Вопросы/Задания:

1. Выполните тест

Используются тестовые задания из банка тестовых заданий по дисциплине. Номера тем заданий в банке тестовых заданий сформированы в зависимости от раздела курса. Спецификация тестов, формируемая на основе банка тестовых заданий:

- Длина теста - 5 тестовых заданий
- Временные ограничения: ограничен по времени - 3 минуты, среднее время выполнения одного задания - 0,6 минут
- Способ формирования тестовой последовательности - случайный выбор заданий в рамках темы.

Полнотекстовые версии банка тестовых заданий размещены в рамках электронного учебно-методического комплекса <https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=1036>.

Структура банка тестовых заданий:

- вопросы закрытой формы с выбором одного правильного ответа - 18 (ССВ1, ССВ3, ССВ4, ССВ10, ССВ11, ССВ13-ССВ17, ССВ19-ССВ21, ССВ25-ССВ29)
- вопросы закрытой формы с выбором нескольких правильных ответов - 7 (ССВ2, ССВ7, ССВ8, ССВ9, ССВ18, ССВ22, ССВ23)
- вопросы закрытой формы на установление соответствия - 3 (ССВ5, ССВ6, ССВ12)
- вопросы закрытой формы с выбором «верно / неверно» - 3 (ССВ24, ССВ30, ССВ31)

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Дайте письменные ответы на вопросы по теме занятия

Ответы должны быть развернутыми, с необходимыми пояснениями и рисунками/схемами.

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятия

Вопросы для подготовки:

Какие методы могут использоваться для стерилизации воздуха? Каким методом стерилизуется воздух, подаваемый на аэрацию в ферментатор?

2. Механизмы осаждения загрязнений на волокнистых фильтрующих материалах, какие из них являются доминирующими?

3. Влияние скорости фильтрации на эффективность очистки воздуха. Критическая скорость фильтрации.

4. Влияние размера частиц на эффективность осаждения загрязнений. Наиболее проникающие частицы.

5. Расчет суммарного коэффициента осаждения, какие поправки вносятся в этот расчет?

6. Какие фильтрующие материалы используются на стадии предварительной очистки

воздуха?

7. Какие фильтрующие материалы используются на стадии грубой очистки воздуха?

8. Какие фильтрующие материалы используются на стадии тонкой очистки воздуха?

9. Назовите волокнистые фильтрующие материалы, используемые для очистки воздуха.

10. Какие влажность и давление должен иметь воздух, поступающий на головной фильтр?

## **Раздел 8. Пенообразование и пеногашение в процессе ферментации**

*Контролируемые ИДК: ПК-П2.1*

### *Тема 8.1. Пенообразование и способы гашения пены*

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Дайте письменные ответы на вопросы по теме

Ответы должны быть развернутыми, с необходимыми пояснениями и рисунками

Форма контроля/оценочное средство: Контроль самостоятельной работы

Вопросы/Задания:

1. Подготовьтесь к письменному опросу по теме занятия

Вопросы для подготовки:

1. Чем объясняется процесс образования пены при культивировании биообъектов?
2. Чем отличаются пены культуральных жидкостей от бытовых пен?
3. Какие вещества являются наиболее сильными пенообразователями?
4. Каким образом можно уменьшить или предотвратить образование пены в процессе культивирования?
5. Как подразделяются химические пеногасители?
6. Перечислите и охарактеризуйте натуральные пеногасители.
7. Перечислите и охарактеризуйте синтетические пеногасители.
8. Как выбрать пеногаситель для конкретного процесса культивирования?

## **6. Оценочные материалы промежуточной аттестации**

*Шестой семестр, Экзамен*

*Контролируемые ИДК: ОПК-4.1 ОПК-5.1 ОПК-4.2 ПК-П1.1 ПК-П2.1 ПК-П1.3 ПК-П5.4*

Вопросы/Задания:

1. Собеседование

В экзаменационный билет выносятся:

- теоретический материал, составляющий основу дисциплины;
- решение задач, позволяющее судить об уровне умения применять знания и владение методиками расчета. Данный компонент также позволяет проверить навыки самостоятельной работы.

Экзаменационный билет состоит из следующих компонентов:

- Три теоретических вопроса
- Задача

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Стерилизация. Методы стерилизации. Особенности гибели микроорганизмов. Удельная скорость гибели микроорганизмов.
2. Время выдержки при стерилизации. Определение содержания микроорганизмов в стерилизуемом объекте до и после стерилизации.
3. Влияние температуры на удельную скорость отмирания микроорганизмов. Выбор температуры стерилизации. Факторы, влияющие на удельную скорость отмирания

микроорганизмов.

4. Стерилизация жидких сред с твердой фазой. Расчет сеток фильтров в процессе стерилизации жидких питательных сред с твердой увлажненной фазой.
5. Периодический и непрерывный способ стерилизации питательных сред. Суть этих процессов. Достоинства и недостатки.
6. Критерий стерилизации и его определение.
7. Способы нагрева и охлаждения при периодической стерилизации питательных сред.
8. Определение времени выдержки при периодической стерилизации питательных сред без наличия «слабых» точек в ферментаторе. Определение времени выдержки при периодической стерилизации питательных сред с учетом наличия «слабых точек».
9. Аппаратурное оформление процесса нагрева при непрерывной стерилизации питательных сред.
10. Выдерживатель, его назначение. Требования к выдерживателям. Принцип расчета. Конструкция выдерживателей емкостного типа. Их особенности. Способы и устройства по вводу и выводу жидкости в емкостном выдерживателе.
11. Расчет емкостного выдерживателя.
12. Выдерживатель трубчатого типа. Принцип расчета.
13. Оптимальный трубчатый выдерживатель. Принцип расчета.
14. Аппаратурное оформление процесса охлаждения при непрерывной стерилизации питательных сред.
15. Схема рекуперации тепла при непрерывной стерилизации питательных сред.
16. Тепловыделение в процессе ферментации. Тепловой баланс ферментации. Тепловой эффект жизнедеятельности и методы его определения.
17. Динамический метод определения теплового эффекта жизнедеятельности.
18. Определение теплового эффекта жизнедеятельности методом прямой калориметрии.
19. Расчетный метод определения теплового эффекта жизнедеятельности.
20. Определение количества потребленного кислорода и выделившегося диоксида углерода в процессе ферментации.
21. Перемешивание культуральной жидкости, его роль в процессе ферментации. Показатель эффективности перемешивания.
22. Мощность, затрачиваемая на перемешивание культуральной жидкости. Возможные варианты увеличения вводимой мощности.
23. Принцип расчета мощности на перемешивание с учетом поверхностной аэрации и расхода воздуха.
24. Массопередача кислорода в процессе ферментации, ее особенности.
25. Соппротивление массопередачи кислорода.
26. Абсорбция кислорода. Факторы, влияющие на этот процесс.
27. Потребление кислорода. Критическая концентрация.
28. Влияние углекислого газа, растворенного в культуральной жидкости, на интенсивность дыхания и биосинтез БАВ.
29. Характеристика исходного и очищенного воздуха, используемого для ферментации. Ступенчатая очистка воздуха от микроорганизмов.
30. Показатели качества работы фильтрующего материала для стерилизации воздуха.
31. Фильтрующие материалы, используемые на каждой ступени очистки воздуха.
32. Механизмы задержки аэрозольных частиц волокнистыми материалами.
33. Осаждение аэрозольных частиц под действием сил инерции и касания. Факторы, влияющие на этот процесс.
34. Осаждение аэрозольных частиц за счет сил диффузии и касания. Факторы, влияющие на этот процесс.
35. Влияние скорости подачи воздуха на коэффициент осаждения аэрозольных частиц. Критическая скорость воздуха.
36. Влияние размера частиц загрязнений на эффективность очистки воздуха. Наиболее проникающие частицы.
37. Пенообразование в процессе ферментации, его особенности. Факторы, влияющие на пенообразование в процессе ферментации.

38. Определение пенообразующей способности культуральной жидкости.
39. Методы гашения пены.
40. Характеристика химических пеногасителей.
41. Натуральные пеногасители, их характеристика.
42. Синтетические пеногасители, их характеристика.
43. Механический пеногаситель.
44. Акустический пеногаситель.
45. Аэродинамический пеногаситель.
46. Устройство индивидуального фильтра фланцевого типа.
47. Устройство индивидуального фильтра кассетного типа.
48. Алгоритм расчета высоты насадки аэрозольного фильтра.
49. Технологическая схема получения стерильного сжатого воздуха.
50. Конструктивные особенности ферментатора периодического действия.
51. Конструкции аэрирующих устройств в ферментаторе.
52. Внешние теплообменные устройства ферментаторов.
53. Внутренние теплообменные устройства ферментаторов.
54. Перемешивающие устройства ферментаторов. Требования к ним.
55. Способы загрузки и выгрузки ферментатора, передача посевного материала из посевного аппарата в ферментатор.
56. Особенности культивирования клеток млекопитающих.
57. Современное инновационное оборудование для культивирования биообъектов. Одноразовые системы для культивирования биообъектов, их достоинства и недостатки.