

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.08.2026 12:05:32
Уникальный программный ключ:
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2cdd6640a10

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Пермская государственная фармацевтическая академия»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.04Процессы и оборудование биотехнологического производства

Б1.О.04 ПиОБП

(индекс, наименование дисциплины (модуля), в соответствии с учебным планом)

19.04.01 Биотехнология

(код, наименование направления подготовки)

Магистратура

(уровень образования)

Магистр

(квалификация)

Очная

(форма обучения)

Год набора – 2026

Пермь, 2025 г.

Автор(ы)—составитель(и):

д-р фармацевт. наук, проф., заведующий кафедрой промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии Орлова Е.В.

канд. фармацевт. наук, доцент кафедры промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии Мальгина Д.Ю.

Заведующий кафедрой промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии, д-р фармацевт. наук, проф., Орлова Е.В.

Рассмотрено на заседании кафедры протокол от «19» октября 2025 г. № 4

Согласовано Центральным методическим советом ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России
протокол от 05.12.2025 г. № 2.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2.	Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3.	Содержание и структура дисциплины	4
4.	Фонд оценочных средств по дисциплине	6
5.	Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины	7
6.	Учебная литература для обучающихся по дисциплине	7
7.	Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы	7

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-3	Способен разрабатывать алгоритмы и участвовать в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности	ИДОПК-3.1	участвует в разработке алгоритмов решения задач профессиональной деятельности	На уровне знаний: - знает базовые основы физики, химии, механики, термодинамики. На уровне умений: - умеет управлять компьютеризированными системами оборудования биотехнологии для достижения необходимых результатов На уровне навыков: - владеет методами оценки и расчета для анализа процессов, происходящих при использовании биотехнологического оборудования

2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина Б1.О.04Процессы и оборудование биотехнологического производства является обязательной частью образовательной программы в соответствии с ФГОС по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология, в соответствии с учебным планом изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, в том числе: 28 ч лекций, 48 ч практических занятий, 68 ч самостоятельной работы.

Форма промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом – зачет.

3. Содержание и структура дисциплины

3.1. Структура дисциплины

№ раз- дела, № темы	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.						Форма текуще- го контроля успеваемости ¹ , промежуточ- ной аттестации
		Всего	Контактная ра- бота по видам учебных занятий			СР	ко нт ро ль	
			Л	ПЗ	ЛЗ			
Семестр 1								
Раздел 1. Гидромеханические процессы.								
1.	Введение в процессы и аппараты биотехноло- гии. Классификация процессов биотехноло- гии.	7	2			5		О

2.	Основы гидромеханических процессов. Перемешивание	20	4	4		12		О
3.	Диспергирование. Образование дисперсных систем.	11	2	4		5		О
4.	Центрифугирование	11	2	4		5		О
5.	Фильтрация	14	4	4		6		О
6.	Баромембранные процессы	13	2	6		5		О
Раздел 2. Тепловые процессы								
7.	Основы тепловых процессов	11	2	4		5		О
8.	Нагрев, охлаждение	11	2	4		5		О
9.	Стерилизация	11	2	4		5		О
Раздел 3. Массообменные процессы								
10.	Основы массообменных процессов. Экстракция.	11	2	4		5		О
11.	Сушка.	11	2	4		5		О
Раздел 4. Компьютеризированные системы								
12.	Управление биотехнологическим оборудованием	11	2	4		7		О
13.	Промежуточная аттестация	2		2				Зачет (Т)
Всего:		144	28	48		68		

Примечание: Л – лекции, С – семинар, ПЗ – практические занятия, ЛЗ – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа

¹ – формы текущего контроля успеваемости: тестирование (Т), опрос (О).

3.2. Содержание дисциплины.

Раздел 1. Гидромеханические процессы.

Тема 1.1 Введение в процессы и оборудование биотехнологии. Классификация процессов биотехнологии. Управление процессами биотехнологии

Тема 1.2 Основы гидромеханических процессов. Перемешивание. Оборудование для перемешивания. Принцип расчета перемешивающих устройств.

Тема 1.3 Емкостное оборудование биотехнологии (ферментаторы, биореакторы, мерники, емкости).

Тема 1.4 Диспергирование. Образование дисперсных систем.

Тема 1.5 Центрифугирование. Центрифуги. Классификация центрифуг.

Тема 1.6 Фильтрация дисперсных систем – жидкости. Гидрофильные фильтры. Целостность фильтров.

Тема 1.7 Фильтрация дисперсных систем – газы. Гидрофобные фильтры.

Тема 1.8 Баромембранные процессы (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос).

Раздел 2. Тепловые процессы.

Тема 3.1 Основы тепловых процессов.

Тема 3.2 Нагрев, охлаждение. Оборудование для нагрева и охлаждения.

Тема 3.3 Стерилизация. Методы и оборудование для тепловой стерилизации.

Раздел 3. Массообменные процессы.

Тема 3.1 Основы массообменных процессов. Экстракция. Оборудование для экстракции.

Тема 3.2 Сушка. Оборудование для сушки.

Раздел 4. Компьютеризированные системы.

Тема 4.1 Управление биотехнологическим оборудованием. Валидация компьютеризированных систем для управления биотехнологическим оборудованием.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Формы и оценочные средства для текущего контроля.

4.1.1. В ходе реализации учебного предмета, дисциплины (модуля) используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: опрос.

4.1.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости.

Вопросы по разделам и темам

Раздел 1. Гидромеханические процессы

Тема 1.1. Введение в процессы и оборудование биотехнологии. Классификация процессов биотехнологии. Управление процессами биотехнологии

1. Что входит в понятие «биотехнологический процесс»? Приведите 3–4 примера типовых процессов.
2. По каким основным критериям классифицируют биотехнологические процессы? Приведите классификацию с примерами.
3. Какие типы режимов управления биотехнологическими процессами существуют (периодический, непрерывный, полунепрерывный)? Охарактеризуйте каждый.
4. Какие ключевые параметры процесса (температура, pH, концентрация субстрата и т.д.) необходимо контролировать в биореакторе и почему?
5. Какие системы автоматизации и датчики используются для управления биотехнологическими процессами?

Тема 1.2. Основы гидромеханических процессов. Перемешивание. Оборудование для перемешивания. Принцип расчёта перемешивающих устройств

1. Какие цели преследует перемешивание в биореакторах? Назовите не менее трёх.
2. Перечислите основные типы мешалок, используемых в биотехнологии, и укажите, для каких сред они предпочтительны.
3. Как рассчитывается мощность, потребляемая мешалкой? Приведите формулу и поясните входящие в неё параметры.
4. Что такое критерий Рейнольдса для перемешивания ($Re_{перемеш}$) и как он помогает определить режим перемешивания?
5. Какие проблемы могут возникнуть при перемешивании вязких культуральных сред и как их можно решить?

Тема 1.3. Ёмкостное оборудование биотехнологии (ферментаторы, биореакторы, мерники, ёмкости)

1. Каковы основные функции ферментатора в биотехнологическом процессе?
2. Опишите конструктивные особенности биореакторов для аэробных и анаэробных процессов. В чём их ключевые отличия?
3. Какие требования предъявляются к материалам, из которых изготавливают биореакторы? Приведите примеры подходящих материалов.
4. Как обеспечивается герметичность и стерильность биореактора во время работы?
5. Для чего нужны мерники в биотехнологических установках? Как они интегрируются в общую схему производства?

Тема 1.4. Диспергирование. Образование дисперсных систем

1. Что такое диспергирование? Приведите примеры его применения в биотехнологии.
2. Какие методы диспергирования используются для получения мелкодисперсных систем? Кратко охарактеризуйте каждый.
3. Что такое дисперсная система? Назовите типы дисперсных систем, встречающихся в биотехнологии, с примерами.
4. Как размер частиц дисперсной фазы влияет на свойства системы (скорость осаждения, стабильность и т.д.)?
5. Какие факторы способствуют стабилизации дисперсных систем? Приведите конкретные примеры стабилизаторов.

Тема 1.5. Центрифугирование. Центрифуги. Классификация центрифуг

1. В чём физический принцип центрифугирования? Как рассчитывается фактор разделения?
2. По каким признакам классифицируют центрифуги? Приведите классификацию с примерами моделей.
3. Чем отличаются осадительные и фильтрующие центрифуги по принципу действия и областям применения?
4. Какие параметры (скорость вращения, время обработки и т.д.) влияют на эффективность центрифугирования?
5. Приведите 2–3 примера использования центрифугирования в биотехнологическом производстве.

Тема 1.6. Фильтрование дисперсных систем — жидкости. Гидрофильные фильтры.

Целостность фильтров

1. Что такое фильтрование? Какие виды фильтрования применяются в биотехнологии для жидкостей?
2. Из каких материалов изготавливают гидрофильные фильтры? Каковы их преимущества и недостатки?
3. Почему важна проверка целостности фильтров? Какие методы контроля целостности существуют?
4. Какие факторы (давление, вязкость, размер пор и т.д.) влияют на скорость фильтрования?
5. В чём разница между глубинными и мембранными фильтрами? Когда какой тип предпочтительнее?

Тема 1.7. Фильтрование дисперсных систем — газы. Гидрофобные фильтры

1. Для каких целей в биотехнологии используют фильтрование газов?
2. Чем гидрофобные фильтры отличаются от гидрофильных по структуре и свойствам?
3. Какие материалы применяются для изготовления гидрофобных фильтров? Приведите 2–3 примера.
4. Как обеспечивается стерильность воздушного потока при аэрации биореакторов? Опишите схему фильтрации.
5. Какие проблемы могут возникнуть при эксплуатации газовых фильтров и как их предотвратить?

Тема 1.8. Баромембранные процессы (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос)

1. В чём принципиальная разница между ультрафильтрацией, нанофильтрацией и обратным осмосом? Сравните по размерам пор мембран и типам задерживаемых частиц.
2. Какие материалы используются для изготовления мембран в баромембранных процессах?
3. Что такое селективность и проницаемость мембраны? Как эти параметры влияют на выбор мембраны для конкретного процесса?

4. Приведите примеры применения баромембранных процессов в биотехнологии (не менее трёх).
5. Каковы основные проблемы эксплуатации мембранных установок (засорение, снижение производительности и т.д.) и способы их решения?

Раздел 2. Тепловые процессы

Тема 2.1. Основы тепловых процессов

1. Какие тепловые процессы наиболее распространены в биотехнологии? Приведите примеры.
2. Что такое теплопередача? Опишите три основных механизма теплопередачи с примерами из биотехнологических процессов.
3. Как составляется тепловой баланс биореактора? Приведите упрощённую формулу.
4. Какие факторы влияют на интенсивность теплообмена в биореакторе (геометрия, скорость перемешивания и т.д.)?
5. Почему контроль температуры критически важен в биотехнологических процессах? Приведите примеры последствий перегрева или переохлаждения.

Тема 2.2. Нагрев, охлаждение. Оборудование для нагрева и охлаждения

1. Какие методы нагрева и охлаждения используются в биотехнологии? Кратко охарактеризуйте каждый.
2. Опишите конструкцию и принцип работы теплообменников, применяемых в биореакторах (рубашки, змеевики и т.д.).
3. В чём преимущества и недостатки прямого и косвенного нагрева/охлаждения? Приведите примеры оборудования.
4. Как рассчитывается поверхность теплообмена для биореактора? Приведите формулу и поясните параметры.
5. Какие материалы чаще всего используют для изготовления теплообменного оборудования в биотехнологии и почему?

Тема 2.3. Стерилизация. Методы и оборудование для тепловой стерилизации

1. Что такое стерилизация? Какие методы стерилизации применяются в биотехнологии помимо тепловой?
2. В чём особенности тепловой стерилизации? Опишите процесс автоклавирования.
3. Какие параметры (температура, давление, время) критически важны для эффективной стерилизации паром?
4. Как контролируется эффективность стерилизации? Назовите методы контроля (биологические индикаторы, химические тесты и т.д.).
5. Какие конструкции стерилизационного оборудования используются в промышленности (автоклавов периодического и непрерывного действия)?

Раздел 3. Массообменные процессы

Тема 3.1. Основы массообменных процессов. Экстракция. Оборудование для экстрак-

ции

1. Что такое массообмен? Приведите примеры массообменных процессов в биотехнологии.
2. В чём суть процесса экстракции? Какие виды экстракции используются в биотехнологии?
3. Какие факторы (температура, растворитель, время контакта и т.д.) влияют на эффективность экстракции?
4. Опишите основные типы экстракторов, применяемых в биотехнологии (колонные, центробежные и т.д.), с указанием их преимуществ.
5. Как рассчитывается коэффициент массопередачи при экстракции? Приведите формулу.

Тема 3.2. Сушка. Оборудование для сушки

1. Какие цели преследуются при сушке биотехнологических продуктов (ферменты, вакцины, биомасса и т.д.)?
2. Перечислите основные методы сушки, применяемые в биотехнологии, и кратко охарактеризуйте каждый.
3. Сравните конвективную, сублимационную и распылительную сушку по энергоэффективности и качеству продукта.
4. Опишите принцип работы распылительной сушилки. Какие продукты целесообразно сушить этим методом?
5. Какие параметры необходимо контролировать при сушке биопрепаратов (температура, влажность, время и т.д.) и почему?

Раздел 4. Компьютеризированные системы

Тема 4.1. Управление биотехнологическим оборудованием. Валидация компьютеризированных систем для управления биотехнологическим оборудованием

1. Какие задачи решают компьютеризированные системы управления в биотехнологии? Приведите 3–4 примера.
2. Что включает в себя валидация компьютеризированной системы? Опишите этапы валидации (DQ, IQ, OQ, PQ).
3. Какие нормативные документы (GMP, ISO и т.д.) регламентируют валидацию систем управления в биотехнологии?
4. Какие риски связаны с использованием невалидированных компьютеризированных систем в биопроизводстве?
5. Как обеспечивается защита данных и кибербезопасность в компьютеризированных системах управления биореакторами? Приведите примеры мер защиты.

4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля.

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос и связанные вопросы.
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос, но не уверенном ответе на связанные вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся при правильном ответе на вопрос, но не правильном ответе на связанные вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся при неправильном ответе на вопрос.

4.2. Формы и оценочные средства для промежуточной аттестации.

4.2.1. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по учебному предмету, дисциплине (модулю)

Код компетенции	Структурные элементы оценочных средств	Критерии оценки сформированности компетенции	
		Не сформирована	Сформирована
ОПК-3	Опрос. Тест	Не знает базовые основы физики, химии, механики, термодинамики. Не умеет управлять компьютеризированными си-	Знает базовые основы физики, химии, механики, термодинамики. Умеет управлять компьютеризированными системами

		стемами оборудования биотехнологии для достижения необходимых результатов. Не владеет методами оценки и расчета для анализа процессов, происходящих при использовании биотехнологического оборудования.	оборудования биотехнологии для достижения необходимых результатов. Владеет методами оценки и расчета для анализа процессов, происходящих при использовании биотехнологического оборудования.
--	--	---	--

Компетенция считается сформированной на уровне требований к дисциплине (модулю) в соответствии с образовательной программой, если по итогам применения оценочных средств промежуточной аттестации или их отдельных элементов результаты, демонстрируемые обучающимся, отвечают критерию сформированности компетенции.

Если по итогам проведенной промежуточной аттестации хотя бы одна из компетенций не сформирована на уровне требований к дисциплине (модулю) в соответствии с образовательной программой, результаты обучающегося не соответствуют критерию сформированности компетенции.

4.2.2. Промежуточная аттестация проводится в форме:

Тестирование.

Процесс – это: 1. химические превращения исходного продукта или материала. 2. устройство или приспособление, предназначенное для проведения той или иной физической работы. 3. механизм (или сочетание механизмов и вспомогательных устройств), предназначенный для преобразования механической энергии в полезную работу. 4. последовательные и закономерные изменения в системе (продукте, материале), приводящие к возникновению в ней новых свойств.	4.
В соответствии с классификацией по организационно-техническому признаку не выделяют процессы: 1. периодического действия. 2. циклического действия. 3. непрерывного действия. 4. комбинированные.	2.
К гидромеханическим процессам относятся: 1. перемешивание, диспергирование, псевдооживление, отстаивание, центрифугирование, фильтрование жидкостей, прессование. 2. перемешивание, диспергирование, псевдооживление, отстаивание, центрифугирование, фильтрование жидкостей. 3. перемешивание, диспергирование, псевдооживление, отстаивание, центрифугирование, фильтрование жидкостей, измельчение. 4. перемешивание, диспергирование, псевдооживление, отстаивание, центрифугирование, фильтрование жидкостей, классификация (сортировка)	2.
Виды механических мешалок: 1. лопастные, пропеллерные, турбинные, якорные, шнековые. 2. ламинарные, турбулентные. 3. радиальные, аксиальные. 4. тангенциальные, центробежные	1.

Аппараты – смесители по частоте вращения перемешивающего устройства подразделяются на: 1. медленные, быстрые 2. низкоскоростные, высокоскоростные 3. низкопроизводительные, высокопроизводительные 4. тихоходные, быстроходные	4.
В результате процесса диспергирования в жидкой среде получают дисперсные системы: 1. суспензии, эмульсии. 2. суспензии, эмульсии и порошки. 3. растворы, расплавы, кристаллы. 4. жидкости, газы.	1.
Суспензия – это: 1. взвесь, в которой твёрдое вещество равномерно распределено в виде мельчайших частиц в жидком веществе во взвешенном (не осевшем) состоянии. 2. дисперсная система, состоящая из микроскопических капель жидкости (дисперсной фазы), распределённых в другой жидкости (дисперсионной среде). 3. совокупность частиц, прочно удерживаемых между собой. 4. запыленный газ.	1.
Определение какого термина дано: Это последовательные и закономерные изменения в системе (продукте, материале), приводящие к возникновению в ней новых свойств.	Про- цесс
Определение какого термина дано: Это механизм (или сочетание механизмов и вспомогательных устройств), предназначенный для преобразования механической энергии в полезную работу.	Маши- на

4.2.4. Шкала оценивания.

Тестовые задания: 90 – 100 % – отлично;

75 – 89 % – хорошо;

60 – 74 % – удовлетворительно;

менее 60 % – неудовлетворительно.

4.3. Соответствие оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине формируемым компетенциям

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства промежуточной аттестации
		тест
ОПК-3	ИДОПК-3.1	+

5. Методические материалы по освоению дисциплины

Методические материалы по дисциплине (полный комплект методических материалов) находится на кафедре промышленной технологии лекарств с курсом биотехнологии (Приложение №2).

6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине

1. Правила надлежащей производственной практики, утвержденные приказом Минпромторга России N 916 от 14 июня 2013.
2. Правила надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза, утвержденные решением Совета Евразийской комиссии от 03.11.2016 №77.

3. Орехов С.Н., Фармацевтическая биотехнология [Электронный ресурс] / Орехов С.Н. – М.:ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 384с. – ISBN 978-5-9704-2499-5- Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970424995.html>

7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для реализации программы учебной дисциплины должны быть предусмотрены следующие специальные помещения:

Специальные помещения, представляющие собой учебные аудитории для проведения занятий всех видов, предусмотренных образовательной программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, мастерские и лаборатории, оснащенные оборудованием, техническими средствами обучения и материалами, учитывающими требования международных стандартов: проектор, персональные компьютеры с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, учебная мебель для педагогического работника и обучающихся (столы и стулья), проектор, экран для проектора.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, учебная мебель для обучающихся (столы и стулья).

Для обеспечения реализации дисциплины используются стандартные комплекты программного обеспечения (ПО), включающие регулярно обновляемое свободно распространяемое и лицензионное ПО, в т.ч. MS Office.

Обучающиеся обеспечены доступом к современным базам данных и информационным справочным системам.

Оборудование, обеспечивающее адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья: портативный ручной видеоувеличитель – 2 шт, радиокласс (заушный индуктор и индукционная петля) – 1 шт.

Выход в сеть «Интернет» в наличии (с возможностью доступа в электронную информационно-образовательную среду), скорость подключения 100 мбит/сек.

<https://femb.ru/>

<https://www.studentlibrary.ru/>

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.04Процессы и оборудование биотехнологического производства

Код и направление подготовки: 19.04.01 Биотехнология

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: Очная

Формируемые компетенции:

ОПК-3 Способен разрабатывать алгоритмы и участвовать в разработке программ в сфере своей профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть:

Сформированы знания:

- знает базовые основы физики, химии, механики, термодинамики.

Сформированы умения:

- умеет управлять компьютеризированными системами оборудования биотехнологии для достижения необходимых результатов

Сформированы навыки:

- владеет методами оценки и расчета для анализа процессов, происходящих при использовании биотехнологического оборудования

Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы в соответствии с ФГОС, согласно учебному плану изучается на 1 курсе в 1 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 ч.

Содержание дисциплины:

Раздел 1. Гидромеханические процессы.

Тема 1.9 Введение в процессы и оборудование биотехнологии. Классификация процессов биотехнологии. Управление процессами биотехнологии

Тема 1.10 Основы гидромеханических процессов. Перемешивание. Оборудование для перемешивания. Принцип расчета перемешивающих устройств.

Тема 1.11 Емкостное оборудование биотехнологии (ферментаторы, биореакторы, мерники, емкости).

Тема 1.12 Диспергирование. Образование дисперсных систем.

Тема 1.13 Центрифугирование. Центрифуги. Классификация центрифуг.

Тема 1.14 Фильтрация дисперсных систем – жидкости. Гидрофильные фильтры. Целостность фильтров.

Тема 1.15 Фильтрация дисперсных систем – газы. Гидрофобные фильтры.

Тема 1.16 Баромембранные процессы (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос)

Раздел 2. Тепловые процессы.

Тема 3.4 Основы тепловых процессов

Тема 3.5 Нагрев, охлаждение. Оборудование для нагрева и охлаждения.

Тема 3.6 Стерилизация. Методы и оборудование для тепловой стерилизации.

Раздел 3. Массообменные процессы.

Тема 3.3 Основы массообменных процессов. Экстракция. Оборудование для экстракции.

Тема 3.4 Сушка. Оборудование для сушки.

Раздел 4. Компьютеризированные системы.

Тема 4.1 Управление биотехнологическим оборудованием. Валидация компьютеризированных систем для управления биотехнологическим оборудованием.

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.