

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Проектирование биотехнологических производств

Код модуля
1158084(1)

Модуль
Моделирование биотехнологических производств

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Миронов Максим Анатольевич	доктор химических наук, доцент	Профессор	технологии органического синтеза

Согласовано:

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

Авторы:

- **Миронов Максим Анатольевич, Профессор, технологии органического синтеза**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Проектирование биотехнологических производств**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Коллоквиум	2

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Проектирование биотехнологических производств**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-7 -Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации (Молекулярная биотехнология и биоинженерия;	Д-1 - Проявлять настойчивость в достижении цели; Внимательность; Аналитические умения З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений З-2 - Дать определение жизненного цикла инженерного продукта, его основных стадий и моделей З-3 - Перечислить принципы и возможные ролевые модели управления командой инженерного проекта П-1 - Освоить практики построения и применения	Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

<p>Ресурсосберегающие методы и технологии функциональных материалов и биоактивных веществ)</p>	<p>имитационных моделей в процессе проектирования П-2 - Иметь практический опыт планирования и управления жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов П-3 - Формализовать и согласовывать требования, относящиеся к внешним условиям (эксплуатации, сопровождения, хранения, перевозки, вывода из эксплуатации) П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки У-1 - Формулировать инженерные задачи с учетом формализованных требований У-2 - Определять основные потребности стейкхолдеров (заинтересованных сторон) и формулировать требования к эффективности инженерных продуктов и технических объектов У-3 - Использовать программные пакеты при построении имитационной модели разрабатываемой системы или использующей системы У-4 - Выбрать оборудование и технологическую оснастку при разработке технических заданий на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов</p>	
<p>ОПК-4 -Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических</p>	<p>Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия</p>

<p>деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>объектов, систем, технологических процессов 3-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений 3-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами 3-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p>	<p>Экзамен</p>
<p>ОПК-5 -Способен планировать, организовывать и</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и</p>	<p>Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1</p>

<p>контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p> <p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p>	<p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
--	--	--

	<p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>	
<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p> <p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов</p>	<p>Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен</p>

<p>ресурсоэффективность и производственного цикла и продукта</p>	<p>эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения</p>	
--	---	--

	производственного цикла и продукта	
ПК-2 -Способен к планированию, организации и проведению научных исследований в области разработки новых процессов и продуктов биотехнологического производства (Молекулярная биотехнология и биоинженерия; Молекулярная биотехнология и биоинженерия)	З-1 - Разбираться в методах научных исследований, применяемых в биотехнологии П-1 - Иметь навыки применения профессиональных теоретических и практических знаний для планирования, организации и проведения исследований в области биотехнологии У-1 - Применять специализированные методы проведения исследований в профессиональной области и аргументировано интерпретировать результаты экспериментов	Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен
ПК-7 -Способен управлять действующими биотехнологическими процессами и производством, а также организовывать работы по разработке, оптимизации и совершенствованию технологических процессов (Молекулярная биотехнология и биоинженерия)	З-4 - Профессионально ориентироваться в современных методах моделирования и оптимизации технологических процессов З-5 - Обладать знаниями в области создания инновационных биотехнологических продуктов П-4 - Иметь навыки по расчету технологического оборудования с использованием пакетов прикладных программ П-5 - Иметь опыт по масштабированию технологий получения биотехнологических продуктов, составлению лабораторных и опытно-промышленных регламентов производства У-4 - Рассчитывать основные характеристики биотехнологических процессов и проводить их оптимизацию с использованием математического моделирования У-5 - Применять новые технология, ведущие к экономии энергии и ресурсов	Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	при получении продуктов биотехнологии	
ПК-8 -Способен разрабатывать проектную, рабочую и техническую документацию биотехнологического производства, в том числе с учетом внедрения инновационных энергосберегающих технологий (Молекулярная биотехнология и биоинженерия; Молекулярная биотехнология и биоинженерия)	<p>З-1 - Разбираться в процессе документирования биотехнологических производств, разработке технологических регламентов и инструкций</p> <p>З-2 - Понимать принципы организации биотехнологических производств, систему управления биотехнологическими процессами</p> <p>З-3 - Профессионально ориентироваться в современных методах моделирования и оптимизации технологических процессов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт сбора информации и создания проектной, рабочей и технической документации для биотехнологических производств</p> <p>П-2 - Иметь навыки по расчету технологического оборудования с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>П-3 - Внедрять на практике методы энерго-, ресурсосбережения и повышения безопасности технологических процессов для устойчивого развития</p> <p>У-1 - Правильно интерпретировать и систематизировать данные для создания проектной, рабочей и технической документации для биотехнологических производств</p> <p>У-2 - Разрабатывать аппаратные и технологические схемы биотехнологических производств с учетом их масштабирования</p> <p>У-3 - Рассчитывать основные характеристики</p>	<p>Коллоквиум № 1</p> <p>Коллоквиум № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	биотехнологических процессов и проводить их оптимизацию с использованием математического моделирования	
ПК-5 -Способен разрабатывать системы менеджмента качества технологического процесса и химической и биотехнологической продукции в соответствии с требованиями российских и международных стандартов (Ресурсосберегающие методы и технологии функциональных материалов и биоактивных веществ)	<p>З-1 - Профессионально ориентироваться в локальных нормативных актах и методических материалах, регламентирующих качество химической и биотехнологической продукции</p> <p>З-2 - Подбирать методики определения качества химической и биотехнологической продукции</p> <p>П-1 - Разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению безопасности продукции биотехнологического производства на основе системы качества</p> <p>П-2 - Проводить работы по повышению качества продукции химического и биотехнологического производств</p> <p>У-1 - Организовывать разработку политики в области безопасности выпускаемой химической и биотехнологической продукции совместно с подразделениями организации</p> <p>У-2 - Контролировать выполнение анализов качества продукции химического и биотехнологического производств</p>	<p>Коллоквиум № 1</p> <p>Коллоквиум № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
ПК-6 -Способен осуществлять эффективную работу химико-технологического, биохимического контроля, обеспечивать стабильность показателей технологического	<p>З-1 - Разбираться в процессе документирования биотехнологических производств, разработке технологических регламентов и инструкций</p> <p>З-2 - Понимать принципы организации биотехнологических производств, систему управления</p>	<p>Коллоквиум № 1</p> <p>Коллоквиум № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

<p>процесса и качества выпускаемой продукции (Ресурсосберегающие методы и технологии функциональных материалов и биоактивных веществ)</p>	<p>биотехнологическими процессами 3-3 - Профессионально ориентироваться в современных методах моделирования и оптимизации технологических процессов П-1 - Иметь практический опыт сбора информации и создания проектной, рабочей и технической документации для химических биотехнологических производств П-2 - Иметь навыки по расчету технологического оборудования с использованием пакетов прикладных программ П-3 - Внедрять на практике методы энерго-, ресурсосбережения и повышения безопасности технологических процессов для устойчивого развития У-1 - Правильно интерпретировать и систематизировать данные для создания проектной, рабочей и технической документации для биотехнологических производств У-2 - Разрабатывать аппаратные и технологические схемы биотехнологических производств с учетом их масштабирования У-3 - Рассчитывать основные характеристики биотехнологических процессов и проводить их оптимизацию с использованием математического моделирования</p>	
---	--	--

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	2,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	2,12	20
<i>коллоквиум</i>	2,13	20
<i>контрольная работа</i>	2,14	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№	Содержание уровня	Шкала оценивания

п/п	выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Задачи на расчет установок непрерывного действия. Расчет моделей РПВ, РПС, каскада РПС, его КПД. Расчет биореакторов непрерывного действия.

2. Моделирование растворения солей в реакторе периодического действия с мешалкой. Определение опти-мального расхода энергии в этой системе.

3. Масштабирование процесса растворения солей в реакторе периодического действия с мешалкой.

4. Моделирование процесса теплообмена в теплообменнике типа труба-в-трубе. Определение оптимального расхода энергии в этой системе.

5. Масштабирование процесса теплообмена в теплообменнике типа труба-в-трубе.

Примерные задания

Необходимо определить объем биореактора с механическим перемешиванием для получения 40 тонн/сут 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды в течение 15 минут, растворе-ние хлорида

натрия и выгрузку раствора со скоростью в течение 15 минут.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса 2 10⁻⁶ м/с, разница концентраций при массопереносе 300 кг/м³, коэффициент заполнения реактора 0.8, конечная плотность реакционной смеси 1070 кг/м³.

1. Находим время растворения частиц хлорида натрия в воде:

Для этого находим плотность частиц хлорида натрия в справочнике, составляющая 2165 кг/м³.

$$\tau = (2165 \times 10^{-3}) / (2 \times 2 \times 10^{-6} \times 300) = 1804 \text{ с}$$

1а. Находим общее время производственного цикла:

$$\tau = 1804 + 900 + 900 = 3604 \text{ с}$$

2. Находим объем реактора:

$$V = (40000 \times 3604) / (24 \times 3600 \times 1070 \times 0.8 \times 1) = 1.947 \text{ м}^3$$

3. Выбираем ближайший по объему стандартный реактор:

2.0 м³

4. Находим высоту жидкости из справочных данных:

1.09 м³

5. Находим необходимое давление:

$$P = 1.2 \times 1.09 \times 1020 \times 9.8 + 9.9 \times 10^4 = 11.2 \times 10^4 \text{ Па или } 1.12 \text{ атм}$$

6. Выбираем коэффициент расхода воздуха:

25

6. Находим расход воздуха:

$$V = 25 \times 3.14 \times 0.72 \times 1.12 = 43.1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитать время необходимое для охлаждения 8000 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c=4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ в реакторе с поверхностью теплообмена 25 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси – $K=350 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Начальная температура 100°C, конечная 20°C, средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси 35°C.

1. Определяем разницу температур реакционной смеси:

$$\Delta t = 100 - 20 = 80$$

2. Определяем количество тепла, которое необходимо отвести:

$$Q = 8000 \times 4190 \times 80 = 2.68 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

3. Определяем время необходимое для охлаждения:

$$\tau = 2.68 \cdot 10^9 / (350 \times 35 \times 25) = 8756 \text{ с}$$

Ответ: 2 часа 26 минут

Необходимо определить диаметр и высоту слоя адсорбента в адсорбере периодического действия для улавливания паров воды из воздуха на цеолите, если число единиц переноса равно 4, расход парогазовой смеси составляет 2400 м³/ч, ее скорость 0.3 м/с, а объемный коэффициент массопереноса 1.5 с⁻¹.

1. Находим диаметр адсорбера:

$$D_a = (2400 / 3600 \times 0.785 \times 0.3)^{0.5} = 1.682 \text{ м}$$

2. Находим площадь сечения слоя:

$$S_{\text{сл}} = 3.14 \times 1.682^2 / 4 = 2.216 \text{ м}^2$$

3. Находим высоту единицы переноса:

$$h = 2400 / (2.216 \times 1.5 \times 3600) = 0.20 \text{ м}$$

4. Находим высоту слоя адсорбента:

$$H = 4 \times 0.2 = 0.8 \text{ м}$$

5. Находим объем слоя адсорбента:

$$V = 0.8 \times 2.216 = 1.77 \text{ м}^3$$

Ответ: выбираем адсорбер диаметром 1.8 метра со слоем адсорбента 80 см.

Рассчитать однокамерную сушилку с кипящим слоем (диаметр аппарата и рас-ход воздуха) при следующих исходных данных: Производительность по ис-ходному материалу 650 кг/ч; Начальное влагосодержание продукта 0.17 кг/кг

Конечное влагосодержание продукта 0.01 кг/кг; Начальные параметры воздуха: температура 20°C, влажность 50%; Конечная температура воздуха в калорифере 120°C; Конечная температура воздуха в сушилке 60°C; Скорость подачи воздуха в сушилку равна 0.5 м/с

1. По диаграмме Рамзина находим разница во влагосодержании воздуха на входе и выходе из сушилки:

$$\Delta x = 0.0271 \text{ кг/кг}$$

2. Определяем количество удаляемой влаги:

$$W = 650 \times (0.17 - 0.01) / (1 - 0.01) = 105.05 \text{ кг}$$

3. Определяем расход воздуха в сушилке:

$$V_{\Gamma} = 105.05 / 0.0271 \times 0.97 = 4000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Находим диаметр сушилки:

$$D_{a} = (4000 / 3600 \times 0.785 \times 0.5) 0.5 = 1.682 \text{ м}$$

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Моделирование массообменных процессов

Примерные задания

Проектирование биотехнологических производств

Студент: _____

1. Какой закон описывает теплоперенос?

А. Закон Фика В. Закон Фурье С. Закон Ома

2. Время растворения частиц в стационарной фазе обратно пропорционально:

А. Плотности частицы В. Коэффициенту диффузии С. Размеру частицы

3. Число Шервуда является мерой:

А. Соотношения конвекции и диффузии В. Устойчивости потока С. Вязкости

4. В твердых материалах тепло передается с помощью:
А. Конвекции В. Теплопроводности С. Излучения
5. Время контакта двух фаз является основным параметром в модели:
А. Обновления поверхности В. Пограничного слоя С. Пленочной
6. Поверхностная турбулентность является причиной эффекта
А. Дюфора В. Магнуса С. Марангони
7. Какой материал имеет большую теплопроводность?
А. Свинец В. Гранит С. Полиэтилен
8. Какой фактор не влияет на скорость растворения частиц в реакторе с мешалкой?
А. Теплопроводность среды В. Температура С. Вязкость среды
9. Какая мешалка наиболее эффективна при отводе тепла от стенки реактора?
А. Пропеллерная В. Шнековая С. Якорная
10. Какая сушилка относится к конвективным?
А. Вальцовая В. Барабанная С. Инфракрасная
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Моделирование теплообменных процессов

Примерные задания

Проектирование биотехнологических производств

Студент: _____

1. Какой закон описывает массоперенос?
А. Закон Фика В. Закон Фурье С. Закон Ома
2. Время нагрева/охлаждения прямо пропорционально:
А. Разнице температур В. Коэффициенту теплопереноса С. Количеству тепла
3. Число Рейнольдса является мерой:
А. Соотношения конвекции и диффузии В. Устойчивости потока С. Вязкости
4. В вакууме тепло передается с помощью:
А. Конвекции В. Теплопроводности С. Излучения
5. Интенсивность турбулентности является основным параметром в модели:
А. Обновления поверхности В. Пограничного слоя С. Пленочной

6. Поверхностная турбулентность используется для:
А. Интенсификации теплообмена В. Эмульгирования С. Кристаллизации
7. Какой материал имеет меньшую теплопроводность?
А. Алюминий В. Сталь 3 С. Латунь
8. Какой фактор не влияет на скорость охлаждения в реакторе с мешалкой?
А. Теплопроводность среды В. Коэффициент диффузии С. Вязкость среды
9. Что является показателем перехода на второй этап сушки?
А. Увеличение скорости сушки В. Конденсация влаги С. Нагрев поверхности
10. Какая сушилка относится к контактным?
А. Вальцовая В. Барабанная С. Инфракрасная
LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Коллоквиум № 1

Примерный перечень тем

1. Расчет процесса растворения с помощью критериальных уравнений.
2. Определение оптимальных параметров перемешивания в реакторе периодического действия.
3. Порядок расчета объема реактора периодического действия.
4. Определение оптимальных параметров проведения процессов в реакторе непрерывного действия идеального вытеснения.
5. Методика подбора теплообменного оборудования на заданную мощность производства.

Примерные задания

Необходимо определить объем емкостного реактора периодического действия для получения 60 тонн/сут 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды в течение 20 минут, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью в течение 10 минут.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса $2 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе 450 кг/м³, коэффициент заполнения реактора 0.8, конечная плотность реакционной смеси 1070 кг/м³.

Необходимо рассчитать количество емкостных реакторов периодического действия объемом 6.3 м³ для получения 150 тонн/сут 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью 10 м³/ч, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью 20 м³/ч.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 3 мм, скорость массопереноса $1.2 \cdot 10^{-6}$ м/с, разница концентраций при массопереносе 350 кг/м³, коэффициент заполнения реактора 0.8, конечная плотность реакционной смеси 1070 кг/м³.

Необходимо определить производительность емкостного реактора периодического действия объемом 10 м³ для получения 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Производственный цикл включает загрузку воды со скоростью 10 м³/ч, растворение хлорида натрия и выгрузку раствора со скоростью 20 м³/ч.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса 0.8 10⁻⁶ м/с, разница концентраций при массопереносе 300 кг/м³, коэффициент заполнения реактора 0.8, конечная плотность реакционной смеси 1070 кг/м³.

Необходимо определить длину трубчатого реактора непрерывного действия для получения 10% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса 2 10⁻⁶ м/с, разница концентраций при массопереносе 450 кг/м³, средняя скорость реакционной смеси 0.5 м/с.

Необходимо рассчитать количество секций трубчатого реактора непрерывного действия длиной 6 м для получения 15% раствора хлорида натрия в воде при комнатной температуре.

Средний размер частиц твердого хлорида натрия составляет 2 мм, скорость массопереноса 3 10⁻⁶ м/с, разница концентраций при массопереносе 500 кг/м³, средняя скорость реакционной смеси 0.1 м/с.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Коллоквиум № 2

Примерный перечень тем

1. Выбор материалов для биореакторов.
2. Определение поверхности теплообмена в теплообменных устройствах.
3. Моделирование процессов теплопереноса.
4. Методы оптимизации аппаратурных схем производства.
5. Особенности расчета энергетического баланса биотехнологических производств.

Примерные задания

Рассчитать время необходимое для охлаждения 2700 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c=1900$ Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена 12 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси – $K=320$ Вт/(м²·К). Начальная температура 65°C, конечная 0°C, средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси 40°C.

Рассчитать площадь поверхности необходимую для охлаждения 3200 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c=3300$ Дж/(кг·К) за 3 часа с коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси – $K=300$ Вт/(м²·К). Начальная температура 15°C, конечная -25°C, средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси 5°C

Рассчитать минимальный коэффициент теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси необходимый для охлаждения 3 тонн реакционной смеси с теплоемкостью $c=2200$ Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена 10 м² за 1.5 часа. Начальная температура 100°C, конечная 40°C, средняя разница температур теплоносителя и реакционной смеси 15°C.

Рассчитать изменение температуры при нагреве 4200 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c=3800$ Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена 18 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси – $K=330$ Вт/(м²·К) за 1 час при средней разнице температур теплоносителя и реакционной смеси 15°C.

Рассчитать минимальную разницу температур теплоносителя и реакционной смеси необходимой для нагрева 7200 кг реакционной смеси с теплоемкостью $c=2900$ Дж/(кг·К) в реакторе с поверхностью теплообмена 25 м² и коэффициентом теплопередачи от теплоносителя к реакционной смеси – $K=350$ Вт/(м²·К) за 3 часа. Начальная температура 20оС, конечная 85оС.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Основные принципы моделирование массо- и теплообменных процессов в биотехнологии. Критериальные уравнения, критерии подобия.
2. Основные принципы масштабирования в биотехнологии, этапы масштабного перехода при освоении новой продукции.
3. Молекулярная диффузия, коэффициент диффузии, методы его определения, диффузия в пористых материалах.
4. Массоотдача в ламинарном потоке, массоотдача в турбулентном потоке. Моделирование этих процессов с помощью критериальных уравнений.
5. Общие закономерности массопереноса на границе двух фаз, закон Фика, уравнения для определения коэффициента массопереноса.
6. Скорость массопереноса на поверхностях с простой геометрией. Расчет коэффициента массопереноса на поверхности сферы и стекающей пленки.
7. Массоперенос при растворении, растворение в неподвижной фазе, растворение в аппарате с мешалкой.
8. Теплообменные процессы. Способы передачи тепла, основные принципы моделирования теплообменных процессов.
9. Теплопроводность, основные закономерности, закон Фурье, расчет общего коэффициента теплопередачи.
10. Передача тепла конвекцией, основные закономерности, методы моделирования теплообмена с помощью критериальных уравнений.
11. Процессы теплообмена на телах с простой геометрией. Методы расчета средней разницы температур при теплопередаче.
12. Сушка как пример тепломассообменных процессов в биотехнологии, этапы сушки, основные типы сушильного оборудования.
13. Общий порядок расчета теплообменного оборудования на примере теплообменника типа труба в трубе.
14. Общий порядок расчета массообменного оборудования на примере реактора с мешалкой для растворения твердых частиц.
15. Принципы моделирования тепло- массообменных аппаратов на примере выпарной установки пленочного типа.
16. Оптимизация общего расхода энергии в массо- и теплообменных процессах. Методы расчета энергетических затрат на примере емкостного аппарата с мешалкой.
17. Оптимизация геометрических размеров оборудования и методы повышения его производительности на примере теплообменника труба в трубе.

18. Общий порядок расчета тепло- массообменного оборудования на примере пневматической сушилки.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.