

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лазаренко Виктор Анатольевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.03.2023 13:50:07
Уникальный программный ключ:
45c319b8a032ab3637134215abd1c475334767f4

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Курский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России)

УТВЕРЖДЕНО

на заседании кафедры биологической и
химической технологии

протокол № 11 от «28» мая 2018г.
заведующий кафедрой биологической и
химической технологии

профессор  Лазурина Л.П.

УТВЕРЖДЕНО

на заседании методического совета
фармацевтического и биотехнологического
факультетов

протокол № 5 от «29» июня 2018 г.
председатель методического совета
фармацевтического и биотехнологического
факультетов

доцент  Дроздова И.Л.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по процессам и аппаратам биотехнологических производств

Факультет биотехнологический

Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология

Направленность Биотехнология биологически активных веществ

Курс – 3 Семестр – 5, 6

Трудоемкость (з.е.) - 8

Количество часов: всего - 288

Форма промежуточной аттестации – экзамен

Курсовой проект

Разработчики рабочей программы: зав. каф. биологической и химической технологии,
д.б.н., профессор Лазурина Л.П., доцент кафедры, к.т.н., Джанчатова Н.В.

Курск – 2018

Рабочая программа дисциплины Процессы и аппараты биотехнологических производств разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология

1. Цель и задачи дисциплины

Основная цель преподавания дисциплины - формирование профессиональных компетенций и приобретение студентами знаний в области основных процессов биотехнологии, оценки эффективности производства, оптимизации биотехнологических схем, рационального выбора конструкции и научного расчета машин и аппаратов биотехнологии, а также методов целесообразной промышленной эксплуатации производственного оборудования для достижения максимальной производительности при минимальных затратах.

Задачи дисциплины:

- изучение студентами и приобретение знаний физико-химических закономерностей и кинетике процессов и аппаратов биотехнологии, основных методах расчета типовых аппаратов биотехнологии, конструкции аппаратов и принципиальных схемах основных процессов биотехнологии;
- формирование у студентов умений пользоваться лабораторным оборудованием с соблюдением правил техники безопасности для проведения научно-исследовательских работ по моделированию, масштабированию и оптимизации биотехнологических схем, изучению процессов, протекающих в биореакторах и на стадиях переработки связанных с выделением и очисткой целевого продукта
- умение анализировать полученные данные результатов исследований и использовать полученные знания для интенсификации процессов, совершенствования конструкции аппаратов
- формирование навыков аналитической работы с информацией (учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками), с информационными технологиями.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина процессы и аппараты биотехнологических производств относится к базовой части образовательной программы

Процесс изучения дисциплины обеспечивает достижение планируемых результатов освоения образовательной программы и направлен на формирование следующих компетенций:

Компетенция		Логическая связь с дисциплинами учебного плана
код	формулировка	
ОПК-3	Способность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Физика; Общая и неорганическая химия; Органическая химия; Физическая химия; Основы биохимии; Прикладная механика; Основы молекулярной биологии; Химия биологически активных веществ
ПК-2	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами	Основы биотехнологии; Теоретические основы биотехнологии; Системы управления биотехнологическими процессами; Электротехника и промышленная электроника; Массообменные процессы в биотехнологии; Технологические критерии эффективности биотехнологического производства; Биомедицинские системы и технологии; Медико-экологические информационные технологии
ПК-9	Способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	Промышленная технология лекарств; Технология биологически активных веществ; Материаловедение в биотехнологии; Массообменные процессы в биотехнологии; Метрология, стандартизация и сертификация биотехнологической продукции; Управление качеством биотехнологической продукции

Содержание компетенций (этапов формирования компетенций)

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этапы формирования и индикаторы достижения компетенции		
		Знает	Умеет	Владеет (имеет практический опыт)
1	2	3	4	5
ОПК-3	Способность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	<ul style="list-style-type: none"> - законы взаимодействия веществ, возможности их применения на практике, - основные химические и физические явления - современные нормы химической, радиационной безопасности - основы биологического действия веществ 	<ul style="list-style-type: none"> - применять законы взаимодействия веществ на практике - находить и обобщать информацию о загрязнении территории химическими веществами - оценивать реальную опасность действия веществ 	<ul style="list-style-type: none"> - владеть терминами и понятиями химических, физических явлений природы - навыками работы с нормативными документами по безопасности - навыками работы с современными источниками информации
ПК-2	Способность к реализации и управлению биотехнологическими процессами	<ul style="list-style-type: none"> - основные принципы организации биотехнологического процесса, его иерархическую структуру 	<ul style="list-style-type: none"> - оценивать основные технологические параметры биотехнологического процесса и выбирать рациональную схему производства 	<ul style="list-style-type: none"> - методами оценки технологических параметров биотехнологического производства
ПК-9	Способность проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	<ul style="list-style-type: none"> - основные стандарты производства сырья, готовой продукции и технологических процессов - методы контроля качества новых образцов изделий, узлов и деталей 	<ul style="list-style-type: none"> - работать со стандартными и сертификационными документами и использовать их 	<ul style="list-style-type: none"> - навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний сырья, готовой продукции и технологических процессов

3. Разделы (темы) дисциплины и компетенции, которые формируются при их изучении:

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Код компетенций
Гидромеханические процессы и аппараты биотехнологии	Особенности моделирования, масштабирования и оптимизации биотехнологических схем и процессов. Основы прикладной гидравлики, законы гидростатики и гидродинамики, расчет и выбор насосов; процессы разделения неоднородных систем: осаждение, фильтрование, центрифугирование, мембранные процессы, методы их интенсификации, расчет и выбор аппаратов для проведения этих процессов.	ОПК-3, ПК-2, ПК-9
Тепловые процессы и аппараты биотехнологии	Основы теории передачи теплоты. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Выпаривание. Тепловые процессы при нагревании, охлаждении, конденсации, выпаривании. Теплообменное оборудование. Методика расчета теплообменных аппаратов. Тепловые процессы в ферментаторах.	ОПК-3, ПК-2, ПК-9
Массообменные процессы и аппараты биотехнологии	Массообменные процессы, основы массопередачи. Массопередача и потребление кислорода при ферментации. Классификация массообменных аппаратов и их назначение. Сорбционные процессы. Перегонка и ректификация. Сушка.	ОПК-3, ПК-2, ПК-9
Механические процессы и аппараты биотехнологии	Физико-механические основы измельчения. Расход энергии. Измельчение, гранулирование, смешение. Классификация и сортировка материалов. Оборудование механических процессов.	ОПК-3, ПК-2, ПК-9

4. Учебно-тематический план дисциплины (в академических часах)

Наименование раздела дисциплины	Контактная работа		Внеаудиторная (самостоятельная) работа студента (часы)	Итого часов	Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения		Формы текущего и рубежного контроля успеваемости	
	Всего	Из них			Традиционные	Интерактивные		
		Лекции						Практические занятия
Гидромеханические процессы и аппараты	62	14	48	30	92	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС	С ЛР Т КЗ	

биотехнологии								
Тепловые процессы и аппараты биотехнологии	32	8	24	30	62	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС		С ЛР Т КЗ
Массообменные процессы и аппараты биотехнологии	45	12	33	30	75	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС		С ЛР Т КЗ
Механические процессы и аппараты биотехнологии	5	2	3	18	23	ЛТ СИ ЛР ПЗ УИРС НИРС		С ЛР Т КЗ
Экзамен					36			Т, Пр., С
ИТОГО:					288			

4.1 Используемые образовательные технологии, способы и методы обучения

ЛТ	традиционная лекция	СИ	самостоятельное изучение тем, отраженных в программе, но не рассмотренных в аудиторных занятиях
ЛР	лабораторная работа	НИРС	научно-исследовательская работа студентов
ПЗ	практическое занятие	УИРС	учебно-исследовательская работа студента (составление информационного обзора литературы по предложенной тематике, подготовка реферата, подготовка эссе, доклада, написание курсовой работы, подготовка учебных схем, таблиц)

4.2 Формы текущего и рубежного контроля успеваемости

КЗ	комплексная оценка знаний	С	оценка по результатам собеседования (устный опрос)
ЛР	защита лабораторных работ	Т	тестирование
Пр	оценка освоения практических навыков (умений, владений)		

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 544 с. — 978-5-93808-290-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67350.html>
2. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с. — 978-5-7882-2154-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>
3. Федоров К.М. Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторные работы №1-5 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / К.М. Федоров, Ю.Н. Гуляева, А.Б. Дужий. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68061.html>
4. Федоров К.М. Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторные работы №6-10 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / К.М. Федоров, Ю.Н. Гуляева, А.Б. Дужий. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014. — 67 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68062.html>

Дополнительная литература

1. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии : Лабораторные и практические занятия : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки: "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии" (профиль "Машины и аппараты хим. производств"), "Технол. машины и оборудование" (профиль "Машины и аппараты пищевых производств" / Л. М. Титова, И. Ю. Алексанян, А. Х-Х. Нугманов. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 224 с
2. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для студентов хим.-технол. специальностей вузов / А. Г. Касаткин. - Стер. изд. Перепеч. с изд. 1973 г. - М. : Альянс, 2014. - 750 с. : рис., табл.
3. Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии". Расчет кожухотрубчатых теплообменников [Электронный ресурс] / Курск. гос. мед. ун-т, каф. биол. и хим. технологий ; сост. : Е. М. Кувардина, Л. П. Лазурина. - Электрон. дан. - Курск : КГМУ, 2008. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Систем. требования: Windows 98/2000/XP и выше ; Дисковод CD-ROM. - Загл. [Информрегистр]: Процессы и аппараты химической технологии. - № гос. регистрации 0320802521 URL: http://library.kursksmu.net/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&I21DBN=MIXED&P21DBN=MIXED&S21STN=1&S21REF=3&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=I=&S21STR=66%2FM%2054-777608

Периодические издания (журналы)

1. Химико-фармацевтический журнал
1. **Электронное информационное обеспечение и Интернет-ресурсы**
1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»
<https://elibrary.ru/>
2. Консультант плюс https://kurskmed.com/department/library/page/Consultant_Plus
3. База данных международного индекса научного цитирования «WEB OF SCIENCE»
<http://www.webofscience.com/>
4. Полнотекстовой базе данных «Medline Complete» <http://search.ebscohost.com/>
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru/>

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п\п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №209	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: специализированная мебель (учебная мебель, доска, трибуна лекторская); технические средства обучения и демонстрационное оборудование (проектор, ноутбук, экран); учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018
2.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №213	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: специализированная мебель (учебная мебель, стол лабораторный химический).	-
3.	Российская Федерация, 305041, г. Курск, ул. Ямская, д. 18, 2 этаж, каб. №222 (лаборатория)	Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием: специализированная мебель (учебная мебель, доска ученическая, стол компьютерный); технические средства обучения (компьютеры).	1. Программа для создания тестов — Adit Testdesk, договор № 444 от 22.06.2010 2. Программа для организации дистанционного обучения — ISpring Suite 7.1, договор № 652 от 21.09.2015 3. Пакет офисного ПО – Microsoft Win Office Pro Plus 2010 RUS OLP NL, договор № 548 от 16.08.2010 4. Операционная система — Microsoft Win Pro 7, договор № 904 от 24.12.2010 5. Антивирус – Kaspersky Endpoint Security, договор № 832 от 15.10.2018

7. Оценочные средства

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Расчет теплообменника для охлаждения этилацетата
2. Расчет теплообменника для охлаждения бензола
3. Расчет теплообменника для охлаждения толуола
4. Расчет теплообменника для охлаждения бутанола
5. Расчет теплообменника для охлаждения бутилового эфира
6. Расчет теплообменника для охлаждения пиридина
7. Расчет теплообменника для охлаждения пропанола
8. Расчет теплообменника для охлаждения циклогексана
9. Расчет теплообменника для охлаждения ацетофенона
10. Расчет теплообменника для охлаждения гексана
11. Расчет теплообменника для нагрева дихлорэтана
12. Расчет теплообменника для нагрева этанола
13. Расчет теплообменника для нагрева бензиламина
14. Расчет теплообменника для нагрева этилацетата
15. Расчет теплообменника для нагрева пропилового эфира
16. Расчет теплообменника для нагрева ацетонитрила
17. Расчет теплообменника для нагрева ацетона
18. Расчет теплообменника для нагрева четыреххлористого углерода
19. Расчет теплообменника для нагрева метилацетата
20. Расчет теплообменника для нагрева бромбензола

Вопросы для письменной части экзамена

1. Цели и задачи дисциплины ПАБТ
2. Классификация основных технологических процессов
3. Общие принципы анализа и расчетов процессов и аппаратов
4. Критерии подобия. Этапы исследования процессов методом теории подобия.
5. Теоремы подобия и их назначение
6. Классификация жидкостей
7. Физические свойства жидкостей
8. Вязкость, сила внутреннего трения, закон внутреннего трения Ньютона.
9. Гидростатика. Гидростатическое давление
10. Реологические модели жидкости
11. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера для покоящейся жидкости
12. Основное уравнение гидростатики
13. Закон Паскаля
14. Принцип измерения давлений с помощью дифференциальных U -образных манометров
15. Пневматическое измерение количества жидкости в подземных резервуарах
16. Принцип работы гидростатических машин
17. Движущая сила течения жидкости
18. Основные задачи гидродинамики
19. Основные параметры течения жидкости
20. Установившиеся и неустановившиеся потоки
21. Уравнение неразрывности (сплошности) потока
22. Режимы движения жидкостей
23. Распределение скоростей в движущемся потоке жидкости и законы, описывающие распределение скоростей
24. Профили скоростей потоков при различных режимах течения жидкости
25. Истинная и осредненная скорость жидкости при турбулентном течении

26. Основные характеристики турбулизации потока
27. Дифференциальные уравнения движения жидкости
28. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса
29. Уравнение Бернулли
30. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости
31. Уравнение Бернулли для реальной жидкости
32. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли
33. Измерение скорости потока и расхода жидкости
34. Истечение жидкости через насадки и отверстия
35. Гидродинамическое подобие
36. Расчет гидравлического сопротивления при движении реальных жидкостей в трубопроводах и каналах
37. Определение коэффициент трения λ при движении жидкости в трубах и каналах
38. Потери напора на преодоление местных сопротивлений
39. Уравнение Стокса для процесса осаждения. Верхний и нижний предел применимости закона Стокса
40. Определение скорости осаждения методом Лященко
41. Режимы осаждения в жидкостях.
42. Соотношение между действительной и фиктивной скоростями
43. Определение коэффициента сопротивления для различных режимов течения в зернистом слое?
44. Гидродинамическая сущность процесса псевдоожижения
45. Основные стадии процесса псевдоожижения. Кривая псевдоожижения
46. Оценка пределов существования псевдоожиженного слоя
47. Характеристики зернистого слоя.
48. Характер изменения характеристик слоя зернистого материала в зависимости от изменения скорости газа.
49. Параметры, влияющие на критические скорости слоя зернистого материала.
50. Критериальные уравнения псевдоожижения. Графические зависимости критерия Лященко от критерия Архимеда.
51. Неоднородные системы. Фазы вещества в системах.
52. Классификация и характеристики неоднородных систем
53. Эффективность процесса разделения
54. Режимы осаждения.
55. Определение скорости осаждения методом приближений.
56. Определение скорости осаждения методом Лященко.
57. Кинетическая кривая осаждения.
58. Критериальные уравнения осаждения.
59. Сила сопротивления при оседании одиночных частиц.
60. Назначение гравитационного осаждения. Достоинства и недостатки
61. Сущность (технология) процесса гравитационного осаждения. Условия проведения процесса.
62. Свободное и солидарное осаждение частиц
63. Производительность отстойного аппарата при свободном осаждении
64. Принцип действия основных групп отстойников
65. Назначение и сущность процесса осаждения в поле центробежных сил. Технические приемы для осуществления процесса.
66. Центробежное осаждение
67. Назначение циклонного процесса. Его сущность. Аппаратурное оформление циклонных процессов
68. Классификация центрифуг и принцип работы центрифуг различных типов
69. Классификация процессов фильтрования.

70. Сущность фильтрации с образованием осадка, с закупориванием пор, осветления и сгущения.
71. Основное уравнение фильтрации.
72. Особенности режима фильтрования под постоянным давлением
73. Вывод уравнения фильтрования при постоянной разности давлений. Его физический смысл
74. Аппаратурное оформление процесса фильтрации при постоянной разности давлений
75. Вывод уравнения фильтрования при постоянной скорости. Его физический смысл
76. Аппаратурное оформление процесса фильтрации при постоянной скорости процесса.
77. Уравнение фильтрования при постоянных разности давлений и скорости. Его физический смысл
78. Методика определения постоянных в уравнениях фильтрования
79. Основные пути интенсификации процесса фильтрации
80. Назначение, сущность и основные этапы процесса центробежного фильтрования
81. Зависимость для расчета времени центробежного фильтрования
82. Назначение перемешивания и основные способы перемешивания
83. Мощность механического перемешивания
84. Основные части механических перемешивающих устройств
85. Конструкции механических мешалок
86. Типы потоков жидкости, создаваемых мешалками
87. Назначение, устройство и принцип работы лопастных мешалок. Достоинства и недостатки лопастных мешалок
88. Назначение, устройство и принцип работы пропеллерных мешалок. Достоинства и недостатки пропеллерных мешалок
89. Назначение, устройство и принцип работы турбинных мешалок. Достоинства и недостатки турбинных мешалок
90. Назначение якорных и рамных мешалок
91. Назначение и принцип работы листовых мешалок
92. Назначение и принцип работы барабанных мешалок
93. Назначение и принцип работы вибрационных мешалок
94. Интенсивность перемешивания
95. Пневматическое перемешивание
96. Циркуляционное перемешивание
97. Поточное перемешивание
98. Механизмы переноса тепла.
99. Уравнение Фурье. Коэффициент теплопроводности
100. Основное уравнение конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи
101. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности
102. Уравнения теплопроводности для плоской, цилиндрической и сферической стенок при стационарном режиме.
103. Конвективный теплообмен. Зависимость скорости конвективного теплообмена от внешних факторов
104. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена
105. Основные критерии стационарного теплообмена и их физический смысл
106. Критериальные уравнения стационарного теплообмена
107. Нестационарные процессы переноса тепла. Основные критерии нестационарного теплообмена и их физический смысл
108. Критериальные уравнения нестационарного теплообмена
109. Коэффициенты конвективной теплоотдачи
110. Основные законы излучения
111. Коэффициент теплоотдачи излучением

112. Определение Q при теплообмене между твердыми телами
113. Тепловое излучение газов и паров
114. Назначение и классификация теплообменных аппаратов
115. Рекуперативные теплообменные аппараты
116. Регенераторы
117. Смесительные теплообменные аппараты
118. Промышленные теплоносители
119. Принцип работы основных типов теплообменных аппаратов
120. Понятия сухой насыщенный пар, влажный пар, степень влажности, степень сухости пара, перегретый пар.
121. PV диаграмма водяного пара. Основные линии, точки, области.
122. TS диаграмма водяного пара. Основные линии, точки, области.
123. IS диаграмма водяного пара. Основные линии, точки, области.
124. Таблицы воды и водяного пара
125. Назначение и цели процесса выпаривания
126. Теплоносители при выпаривании
127. Методы выпаривания растворов
128. Основные величины, характеризующие работу выпарного аппарата
129. Материальный баланс процесса выпаривания
130. Тепловой баланс выпаривания
131. Температурный режим выпарного аппарата
132. Факторы, определяющие интенсивность выпаривания и производительность выпарного аппарата
133. Принцип работы основных типов выпарных аппаратов
134. Принцип работы одноступенчатых выпарных аппаратов
135. Принцип работы многоступенчатых выпарных аппаратов
136. Понятие массопередачи и массотдачи
137. Технологическая связь между реакционными и разделительными аппаратами
138. Основные виды процессов в разделительных аппаратах
139. Классификация массообменных процессов
140. Механизм массопередачи. Схема массообмена между фазами.
141. Движущая сила массообменных процессов
142. Материальный баланс при массопередаче
143. Рабочая линия массообменного процесса. Направление массопередачи
144. Первый закон Фика
145. Закон массопередачи Щукарева
146. Коэффициент массоотдачи
147. Критериальные уравнения массоотдачи
148. Физический смысл массообменных критериев: Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля.
149. Основные положения и следствия теории массообмена Льюиса и Уитмена
150. Основные положения и следствия теории массообмена Хигби
151. Основные положения и следствия теории массообмена Данкверта
152. Коэффициент распределения компонента в фазах
153. Особенности массообмена биотехнологических процессов
154. Особенности массообмена на различных этапах жизни культуры микроорганизмов (анализ кривой роста)
155. Общая скорость роста биомассы. Удельная скорость роста. Её графическое и экспериментальное определение
156. Кинетическое уравнение переноса кислорода при ферментации и его преобразование при определении поверхности раздела фаз
157. Практическое нахождение скорости усвоения кислорода
158. Понятие абсорбция. Виды абсорбции

159. Абсорбция как массообменный процесс. Назначение абсорбции
160. Зависимость между равновесными концентрациями при абсорбции (з-н Генри)
161. Парциальные давления компонентов в газовой среде при абсорбции (з-н Дальтона)
162. Уравнение массопередачи при абсорбции
163. Материальный баланс процесса абсорбции
164. Определение удельного расхода абсорбента
165. Принципиальные схемы абсорбции (прямоточная, противоточная, с рециркуляцией).
Изображение процессов абсорбции в x - y координатах
166. Схема и принцип работы поверхностного абсорбера
167. Схема и принцип работы пленочного абсорбера
168. Схема и принцип работы насадочного абсорбера
169. Схема и принцип работы распыливающего абсорбера
170. Основные определяемые параметры при расчете абсорберов. Порядок расчета абсорберов
171. Промышленные абсорбенты и требования к ним
172. Адсорбция как массообменный процесс. Назначение адсорбции
173. Основные виды промышленных адсорбентов и их характеристики
174. Равновесие в адсорбционных процессах
175. Изотермы Лэнгмюра
176. Кинетика адсорбции
177. Уравнение Шилова для фронта адсорбции
178. Уравнение скорости перемещения фронта адсорбции
179. Определение высоты слоя адсорбента
180. Классификация адсорбентов
181. Схема и принцип работы вертикального цилиндрического адсорбера
182. Схема и принцип работы вертикального адсорбера с неподвижным кольцевым слоем адсорбента
183. Схема и принцип работы адсорбера с псевдооживленным слоем
184. Основные определяемые параметры при расчете адсорберов. Порядок расчета адсорберов
185. Фазовое равновесие в бинарных системах
186. Диаграмма t - x - y
187. Диаграмма y - x
188. Взаимное расположение кривых на t - x - y и y - x диаграммах (з-ны Коновалова, Вревского)
189. t - x - y и y - x диаграммы реальных газовых смесей при неограниченной растворимости компонентов
190. Азеотропные смеси
191. t - x - y и y - x диаграммы для взаимно нерастворимых жидкостей
192. t - x - y и y - x диаграммы для ограниченно растворимых жидкостей
193. Классификация основных способов разделения смесей
194. Перегонка бинарных смесей. Принцип простой перегонки и ректификации
195. Фракционная перегонка
196. Перегонка с дефлегмацией
197. Перегонка с водяным паром
198. Молекулярная дистилляция
199. Принципиальная схема ректификации
200. Материальный баланс ректификации
201. Уравнения рабочих линий ректификационной колонны
202. Схема и принцип работы периодической ректификационной установки
203. Схема и принцип работы непрерывно действующей ректификационной установки
204. Барботажная ректификационная колонна

205. Насадочная колонна
206. Пленочные ректификационные аппараты
207. Тарельчатые колонны
208. Азеотропная ректификация.
209. Тепловой баланс ректификации
210. Основные параметры ректификационной колонны. Принцип расчета.
211. Цели сушки. Физическая сущность сушки
212. Основные виды сушки
213. Сушительные агенты. Влажный воздух.
214. Основные показатели влажного воздуха
215. Диаграмма Рамзина. Примеры использования диаграммы для определения параметров влажного воздуха
216. Равновесие процесса сушки. Направление массопереноса при сушке
217. Формы связи влаги с материалом и рекомендуемые способы ее удаления при получении готового продукта
218. Материальный баланс сушки (по высушиваемому материалу, по сушильному агенту, определение удельного расхода воздуха на сушку)
219. Тепловой баланс конвективных сушилок
220. Кинетика процесса сушки
221. Основные периоды сушки. Кривая сушки материала

Банк профессионально-ориентированных ситуационных задач для экзамена

Задача 1

Во время опытного фильтрования водной суспензии с содержанием 13,9% карбоната кальция при 20 °С на фильтре площадью $F = 0,1 \text{ м}^2$ и толщиной осадка 50 мм были получены данные:

Избыточное давление, Па	Собрано фильтрата, дм^3	Время от начала опыта, с	Влажность осадка, % от начальной массы
$3,43 \times 10^4$	2,92	146	37
	7,80	888	

Определить:

1. Объем фильтрата V_1 ($\text{м}^3/\text{м}^2$), прошедшего через фильтр и время процесса τ_1 (ч)
2. Объем V_2 и время τ_2
3. Константы фильтрации K ($\text{м}^2/\text{ч}$) и C ($\text{м}^3/\text{м}^2$)
4. Массу влажного осадка в расчете на 1 кг сухого вещества m (кг/кг)
5. Удельное сопротивление осадка r (м/ кг)

Задача 2

Для интенсификации процесса биологической очистки сточных вод использовали шаровидный кварцевый песок в качестве носителя частиц активного ила. После завершения процесса биодеградации воду направили во вторичный отстойник для осаждения. Плотность песка $2650 \text{ кг}/\text{м}^3$, температура воды 20 °С, средняя масса частицы 0,5 грамма.

Определите:

1. Основные параметры воды (ρ , μ) в условиях процесса по табличным данным
2. Критерий Архимеда в процессе
3. Критерий Рейнольдса в процессе
4. Эквивалентный диаметр частиц песка
5. Скорость оседания частиц песка

Задача 3

Стенка печи состоит из трех слоев: 1- внутренний слой: шамотный кирпич, толщиной $\delta_1 = 120$ мм, теплопроводностью $\lambda_1 = 0,81$ Вт/м К; 2 слой – изоляционный кирпич: $\delta_2 = 65$ мм, $\lambda_2 = 0,23$ Вт/м К; 3 слой – стальной кожух: $\delta_3 = 10$ мм, $\lambda_3 = 45$ Вт/м К. Температура в печи 800 °С, окружающего воздуха 30 °С. Коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны печи: $\alpha_1 = 69,6$ Вт/м² К; $\alpha_2 = 13,9$ Вт/м² К.

Определите:

1. Тепловые сопротивления слоев стенки r_i (м²К/Вт)
2. Тепловые сопротивления теплоносителей $r_{г.т.}, r_{х.т.}$ (м²К/Вт)
3. Общее тепловое сопротивление R (м²К/Вт)
4. Плотность теплового потока q (Вт/м²)
5. Коэффициент теплопередачи k (Вт/м²К)

Задача 4

Воздух насыщен паром этилового спирта. Общее давление воздушно- паровой смеси 600 мм.рт.ст., температура 60 °С. Принимая оба компонента смеси за идеальный газ,

Определите:

1. Давление этилового спирта в смеси $P_{спирта}$, Па
2. Мольную долю этилового спирта в смеси, y
3. Массовую долю спирта в смеси, \bar{y}
4. Относительную массовую концентрацию спирта в смеси, \bar{Y}
5. Плотность смеси, ρ (кг/м³)

Задача 5

В одиночном выпарном аппарате осуществляется процесс непрерывного концентрирования раствора NaOH. Расход начального раствора 2 т/ч, его концентрация $14,1$ % (масс), конечная концентрация $24,1$ % (масс). Температура греющего пара 150 °С. Давление вторичного пара в аппарате атмосферное. Тепловые потери аппарата составляют $58\,000$ Вт. Начальная температура раствора 20 °С.

Определите:

1. Теплоемкость исходного раствора (по эмпирической формуле)
2. Расход тепла на нагревание раствора от начальной до конечной температуры
3. Температуру выводимого из аппарата конечного раствора (по справочным данным). При этой температуре определите энтальпию вторичного пара и теплоемкость воды (по справочным данным)
4. Определите общее количество теплоты в процессе
5. Определите расход греющего пара

Задача 6

При проведении аэробного культивирования в ферментаторе диаметром $1,5$ метра через культуральную среду барботируют воздух. Концентрация абсолютно сухой биомассы в культуральной жидкости 20% . Объем жидкостной фазы в ферментаторе - 4 м³. Объемный коэффициент массоотдачи – $3,5 \times 10^{-3}$ 1/с. Температура – 30 °С.

Определите:

1. Запишите уравнение объемного расхода воздуха и критериальные уравнения для определения приведенной скорости подачи воздуха
2. Определите плотность культуральной жидкости, коэффициент поверхностного натяжения и кинематическую вязкость при температуре ферментации
3. Определите капиллярную постоянную в критериях Шервуда и Рейнольдса

4. Найдите приведенную скорость подачи воздуха
5. Определите требуемый объемный расход воздуха

Задача 7

При культивировании дрожжей получены следующие контрольные данные:
Начальная концентрация биомассы – 38,7 г/л. Конечная концентрация – 41,1 г/л
Количество биомассы в объеме жидкости на начало культивирования – 560 кг, на конец – 1025 кг. Время культивирования – 7 часов. Объемное газосодержание – 0,3. Удельная поверхность контакта фаз – 2,4 м²/м³

Определите:

1. Запишите уравнение скорости потребления кислорода клетками и проинтегрируйте его
2. Определите постоянные интегрирования (Y и Z)
3. Определите удельную скорость роста дрожжей
4. Определите поверхностный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе
5. Определите объемный коэффициент массоотдачи

Задача 8

Теплообмен между нагретой вертикальной стенкой реакционного сосуда и водой осуществляется в условиях свободной конвекции. Высота вертикальной стенки сосуда 0,9 м. Температура стенки 35 °С. Температура воды 21 °С.

Определите:

1. Определяющую температуру процесса и основные константы воды при этой температуре (ρ , μ , c , β , λ) по табличным данным
2. Критерий Грасгофа процесса
3. Критерий Прандтля процесса
4. Критерий Нуссельта процесса
5. Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде

Задача 9

В ректификационной колонне непрерывного действия происходит разделение смеси хлороформ-бензол под атмосферным давлением. Концентрация хлороформа в исходной смеси 40% мол., дистилляте 85% мол. и кубовом остатке 5 % мол.

Определите:

1. Составьте уравнения рабочих концентраций
2. Постройте кривую равновесия
3. Постройте рабочую линию верхней части ректификационной колонны
4. Постройте рабочую линию нижней частей ректификационной колонны
5. Определите графическим методом ЧТТ (число теоретических тарелок).

Задача 10

Уравнения рабочих линий ректификационной колонны для разделения смеси метиловый спирт – вода при $P = 0,1$ мПа: $y = 0,62x + 0,35$; $y = 2,9x - 0,056$. В ректификационной колонне получают 1570 кг/ч дистиллята.

Определите:

1. Состав исходной смеси x_c
2. Количество исходной смеси \bar{G}_c (в кг/ч)
3. Количество кубового остатка G_k (в кмоль/ч)
4. Количество пара G , поднимающегося по колонне
5. Количество флегмы G_Φ (в кмоль/ч).

База типовых тестовых заданий для экзамена

1. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Что такое поток жидкости?

- а) множество линий тока жидкости;
- б) совокупность элементарных струек жидкости;
- в) совокупность трубок тока жидкости;
- г) поперечное сечение.

2. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Отношение расхода жидкости к площади живого сечения называется

- а) средний расход потока жидкости;
- б) средняя скорость потока;
- в) максимальная скорость потока;
- г) минимальный расход потока

3. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Что понимается под напорным потоком жидкости?

- а) поток жидкости, ограниченный твердыми стенками не со всех сторон;
- б) совокупность элементарных струек жидкости;
- в) поток жидкости, ограниченный твердыми стенками со всех сторон;
- г) совокупность трубок тока.

4. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Объемный расход жидкости – это проходящее через живое сечение потока в единицу времени

- а) количество жидкости
- б) объем жидкости
- в) масса жидкости
- г) вес жидкости

5. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Элементарная струйка – это

- а) трубка тока бесконечно малого сечения, окруженная линиями тока;
- б) часть потока, заключенная внутри трубки тока;
- в) объем потока, движущийся вдоль линии тока;
- г) неразрывный поток с произвольной траекторией.

7. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Турбулентный режим движения жидкости – это режим, при котором частицы жидкости

- а) сохраняют определенный строй (движутся послойно);
- б) перемещаются в трубопроводе, перемешиваясь, хаотично;
- в) двигаются как послойно, так и бессистемно;
- г) двигаются послойно только в центре трубопровода.

8. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какой будет режим движения жидкости (в круглом трубопроводе), если число Рейнольдса $Re = 9000$?

- а) ламинарный;
- б) турбулентный;
- в) переходный;

г) установившийся.

9. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

От каких параметров зависит число Рейнольдса Re ?

- а) диаметра трубопровода и скорости жидкости;
- б) диаметра трубопровода, максимальной скорости жидкости и кинематического коэффициента вязкости жидкости;
- в) средней скорости жидкости, гидравлического диаметра трубопровода и кинематического коэффициента вязкости жидкости;
- г) расхода жидкости.

10. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

При каком режиме движения жидкости в трубопроводе пульсации скоростей и давлений не происходит?

- а) при отсутствии движения жидкости;
- б) при спокойном;
- в) при турбулентном;
- г) при ламинарном.

11. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

Фильтрация может проходить под действием сил

- а) центробежных
- б) гравитационных
- в) инерционных
- г) электростатических
- д) поверхностных

12. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

При очистном фильтровании целевым продуктом является

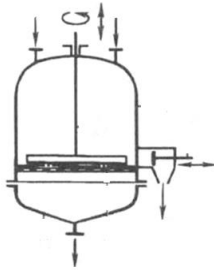
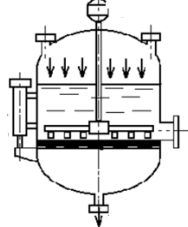
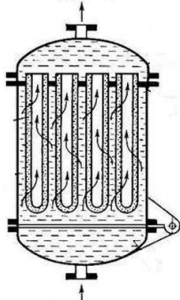
- а) фильтрат
- б) фильтрующий материал
- в) осадок
- г) промывная жидкость

13. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Если с увеличением толщины слоя осадка увеличивается давление над осадком, скорость фильтрования

- а) не изменяется
- б) возрастает
- в) уменьшается
- г) давление никак не влияет на скорость фильтрации

14. УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЕ:

НАЗВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ	СХЕМА
1. Друк-фильтр	 <p style="text-align: right;">А)</p>
2. Патронный фильтр	 <p style="text-align: right;">Б)</p>
3. Нутч-фильтр	 <p style="text-align: right;">В)</p>

15. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Основное преимущество выпаривания под вакуумом

- а) более низкие температуры кипения
- б) большая герметичность оборудования
- в) высокая скорость процесса
- г) возможность упаривания вязких жидкостей

16. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Основное достоинство пленочного испарителя с поднимающейся пленкой жидкости

- а) большая полезная разность температур
- б) короткое время пребывания раствора в зоне высокой температуры
- в) низкое гидравлическое сопротивление
- г) различные скорости нагревания в трубах испарителя

17. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Температура кипения раствора с увеличением концентрации

- а) возрастает
- б) снижается
- в) не меняется
- г) сначала увеличивается, потом уменьшается

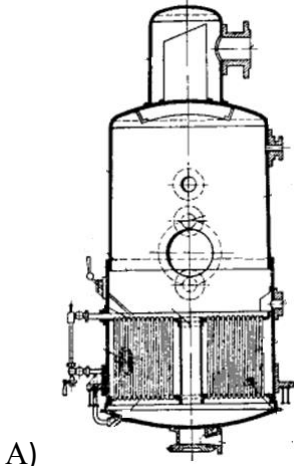
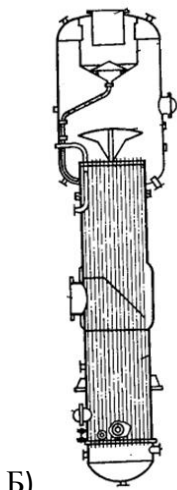
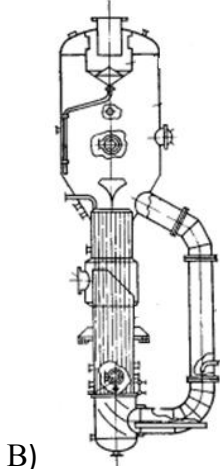
18. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Продолжительность непрерывной работы выпарного аппарата ограничивается

- а) отложением накипи внутри кипящих труб

- б) прогаром кипяtilьных труб
- в) накоплением отложений в межтрубной полости
- г) различными факторами

19. УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЯ

ТИП ВЫПАРНОГО АППАРАТА (ВА)	СХЕМА
1. ВА с сосной нагревательной камерой	 <p style="text-align: center;">А)</p>
2. ВА с внутренней вертикальной нагревательной камерой	 <p style="text-align: center;">Б)</p>
3. Пленочный ВА	 <p style="text-align: center;">В)</p>

20. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Массообменными называют процессы, скорость которых определяется:

- а) разностью концентраций распределяющего и распределяемого веществ
- б) скоростью переноса вещества в пределах одной фазы

- в) площадью межфазной границы
- г) скоростью переноса вещества из одной фазы в другую

21. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

К массообменным относят процессы:

- а) сорбционные
- б) гидродинамические
- в) мембранные
- г) диффузионные
- д) механические

22. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

Основные процессы в разделительных массообменных аппаратах:

- а) фильтрация
- б) ректификация
- в) сушка
- г) отстаивание
- д) кристаллизация

23. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какой вид имеет рабочая линия массообменного процесса

- а) выпуклая линия
- б) прямая линия
- в) вогнутая линия
- г) ломаная линия

24. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Основной закон массоотдачи:

- а) $dM = \beta_y (y_f - y_2) F d\tau$
- б) $\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right)$
- в) $dM = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial l} F d\tau$

25. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

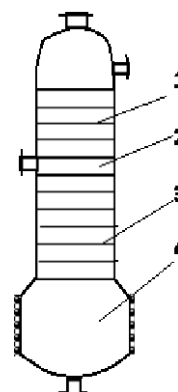
Процесс ректификации может использоваться для разделения

- а) однокомпонентных систем
- б) многокомпонентных систем
- в) взаимонерастворимых систем
- г) коллоидных систем

26. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

На рисунке приведена схема ректификационной колонны. Какая часть колонны обозначена цифрой 1?

- а) укрепляющая
- б) исчерпывающая
- в) подогреватель
- г) питающая



27. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

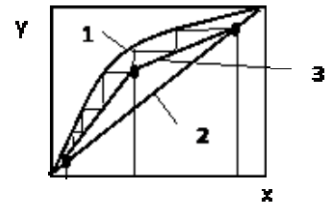
На диаграмме фазового равновесия точка, в которой составы пара и жидкости одинаковы называется

- а) нулевой
- б) азеотропной
- в) начальной
- г) максимальной

28. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Линия 2 на рисунке является линией

- а) равновесных концентраций
- б) рабочей концентрации
- в) граничной
- г) пара



29. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Контактная сушка осуществляется путем:

- а) передачи тепла от теплоносителя материалу через разделяющую стенку
- б) осушения в глубоком вакууме из замороженного состояния
- в) передачи тепла инфракрасными лучами
- г) непосредственного соприкосновения высушиваемого материала с сушильным агентом
- д) нагревания в поле тока высокой частоты

30. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Диаграмма Рамзина построена для давления:

- а) 760 мм. рт. ст
- б) 745 мм. рт.ст
- в) 101 КПа
- г) 1 атм.