

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 30 » июня 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Биотехнологические процессы и аппараты
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления)

Направленность: Промышленные биотехнологии и биобезопасность
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков по теории технологических процессов, их аппаратного оформления, освоение методов расчета процессов и аппаратов химической технологии.

Задачи дисциплины:

- изучение теории основных технологических процессов, принципиального устройства аппаратов и методов их расчета;
- формирование умения обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов;
- формирование навыков разработки технологических процессов и их аппаратного оформления.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- технологические процессы химических производств;
- основные аппараты гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.11	ИД-1ПК-3.11	Знает технологию получения биологических активных веществ (БАВ); экономику и управление в организации; нормативные правовые акты в области биотехнологического производства; нормы расхода сырья и материалов в области биотехнологического производства	Знает технологию получения биологических активных веществ (БАВ); экономику и управление в организации; нормативные правовые акты в области биотехнологического производства; нормы расхода сырья и материалов в области биотехнологического производства	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.11	ИД-2ПК-3.11	Умеет проводить скрининг штаммов микроорганизмов - продуцентов БАВ; разрабатывать предложения по оптимизации наиболее значимых параметров биотехнологических процессов	Умеет проводить скрининг штаммов микроорганизмов - продуцентов БАВ; разрабатывать предложения по оптимизации наиболее значимых параметров биотехнологических процессов	Экзамен
ПК-3.11	ИД-3ПК-3.11	Владеет навыками проведения комплекса мероприятий по внедрению в производство биотехнологических продуктов новых штаммов микроорганизмов-продуцентов; оптимизации параметров биотехнологического процесса получения БАВ; проведения опытно-промышленной отработки технологии и масштабирования процессов биотехнологического производства; разработки предложений по оптимизации расхода сырья, материалов при изготовлении БАВ	Владеет навыками проведения комплекса мероприятий по внедрению в производство биотехнологических продуктов новых штаммов микроорганизмов-продуцентов; оптимизации параметров биотехнологического процесса получения БАВ; проведения опытно-промышленной отработки технологии и масштабирования процессов биотехнологического производства; разработки предложений по оптимизации расхода сырья, материалов при изготовлении БАВ	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	80	80	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	56	56	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	8	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	100	100	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Основы гидравлики	2	0	6	14
Тема 1. Гидростатика. Основные свойства газов и жидкостей. Давление, свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. Тема 2 Гидродинамика. Понятие объемного и массового расхода. Режимы движения жидкости в трубопроводах. Понятие эквивалентного диаметра и гидравлического радиуса. Гидравлическое сопротивление в трубопроводах. Потери напора на трение и на местных сопротивлениях. Расчёт диаметра трубопровода. Рекомендуемые скорости пара, газа и жидкости в трубопроводах. Понятие условного диаметра и условного давления. Гидравлические и пневматические испытания сосудов и аппаратов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Гидромеханические процессы	2	0	6	14
Тема 3 Псевдооживленный (кипящий) слой Характеристики кипящего слоя: порозность, коэффициент псевдооживления, гидравлическое сопротивление, фиктивная и действительная скорость. Устройство аппаратов КС, типы газораспределительных решеток. Тема 4 Гидродинамика потоков в аппаратах с насадкой. Основные виды и характеристики насадок. Способы укладки. Гидродинамические режимы двухфазных потоков в насадке. Особенности работы эмульгационных колонн. Аппаратура процесса. Тема 5 Очистка газа и жидкости от твердых частиц. Очистка газов под действием центробежной силы. Циклоны. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов, аппаратура процесса. Электрическая очистка газов. Электрофильтры. Очистка жидкостей фильтрованием и отстаиванием. Аппаратура процесса.				
Тепловые процессы	2	0	8	14
Тема 6 Способы передачи тепла. Теплоотдача и теплопередача. Передача тепла теплопроводностью, закон Фурье. Конвективный теплообмен, закон Ньютона. Лучистый теплообмен, закон Стефана-Больцмана. Основное уравнение теплопередачи. Связь коэффициентов теплопередачи и тепло-отдачи. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила тепловых процессов при прямотоке, противотоке, смешанном токе. Тепловые балансы. Определение температуры стенок. Тема 7 Тепловое подобие. Аппаратурное оформление тепловых процессов. Основные критерии теплового подобия, их физический смысл. Опытные данные по теплопередаче. Критериальные уравнение для различных тепловых процессов: с изменением и без изменения агрегатного состояния вещества. Основные конструкции теплообменных аппаратов. Способы компенсации температурных удлинений. Порядок расчета теплообменных аппаратов. Тема 8 Выпаривание. Технические методы процесса выпаривания. Температурная депрессия. Материальный и тепловой баланс однократного выпаривания. Понятие общей и полезной разности температур. Гидростатическая и гидравлическая депрессия. Конструкции выпарных аппаратов. Прямоточная и противоточная схемы процесса. Выбор оптимального числа корпусов многокорпусной выпарной установки.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Массообменные процессы	4	0	8	14
Тема 9 Теория массообменных процессов Понятие массообменных процессов. Понятие массообменного равновесия, равновесные концентрации. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии. Изображение рабочей и равновесной линии на Y-X диаграмме. Направление массо-переноса. Тема 10 Массопередача. Методы расчета массообменных аппаратов Основное уравнение массопередачи. Молекулярная диффузия, закон Фика. Конвективная диффузия, закон Шюкарева. Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение. Число единиц переноса, высота единиц переноса их физический смысл и способы определения. Расчет пленочных массообменных аппаратов по основному уравнению массо-передачи. Расчет аппаратов со ступенчатым контактом фаз по числу теоретических тарелок и по кинетической кривой. Расчет насадочных массообменных аппаратов по числу единиц переноса и с использованием объемного коэффициента массопередачи.				
Абсорбция	2	0	8	14
Тема 11 Теоретические основы процессов абсорбции Процессы абсорбции в химической технологии. Влияние температуры и давления на процесс абсорбции. Закон Генри, Закон Дальтона. Материальный и тепловой баланс процесса абсорбции. Тема 12 Аппаратура процесса Конструкции абсорберов: полые, насадочные, пленочные, тарельчатые, скоростные прямоточные, механические.				
Ректификация	2	0	10	16
Тема 13 Теоретические основы процесса Ректификация и дистилляция. Понятие азеотропной смеси. Материальный баланс процесса ректификации. Флегма, флегмовое число, коэффициент избытка флегмы. Уравнение рабочей линии для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны. Построение рабочих линий на Y-X диаграмме. Понятие минимального флегмового числа. Азеотропная и экстрактивная ректификация. Тема 14 Аппаратура процесса Аппаратура процесса ректификации. Технологические схемы процессов ректификации периодического и непрерывного действия				
Сушка	2	0	10	14
Тема 15 Теоретические основы процесса сушки Способы сушки, связь влаги с материалом.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные свойства влажного воздуха. Равновесие в процессе сушки. Движущая сила процесса. Понятие температуры мокрого термометра. Материальный баланс процесса сушки. Диаграмма Рамзина для влажного воздуха. Кинетика сушки. Тема 16 Аппаратура процесса сушки Конструкции сушилок: камерная, ленточная, пневматическая, барабанная, сушилка КС, вальцовая сушилка. Различные схемы сушильных процессов (простая сушка, сушка с промежуточным подогревом, с частичной циркуляцией отработанного газа, сушка топочными газами).				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	56	100
ИТОГО по дисциплине	16	0	56	100

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основное уравнение гидростатики и его применение.
2	Гидравлическое сопротивление трубопроводов, потери напора на трение и местные сопротивления.
3	Определение скорости начала псевдооживления и скорости уноса.
4	Расчет гидравлического сопротивления сухой и орошаемой насадки.
5	Расчет аппаратов для очистки запыленных газов.
6	Расчёт аппаратов для фильтрования жидкостей.
7	Тепловые балансы, средняя движущая сила тепловых процессов, основное уравнение теплопередачи.
8	Критериальные уравнения тепловых процессов, расчет теплообменных аппаратов.
9	Расчет основных параметров процесса выпаривания и выпарных аппаратов.
10	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов.
11	Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение, методы расчета массообменных аппаратов.
12	Материальный баланс процесса абсорбции, расчет насадочных и тарельчатых абсорберов.
13	Материальный и тепловой баланс процесса ректификации, расчет числа тарелок и высоты насадки колонных аппаратов.
14	Материальный и тепловой баланс процесса сушки, диаграмма Рамзина.
15	Конструкции и расчет сушилок.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет тарельчатой ректификационной колонны для разделение смеси хлороформ-бензол
2	Расчет насадочного абсорбера для поглощения паров аммиака из воздуха водой
3	Расчет вертикального подогревателя бензола насыщенным водяным паром

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Будыкина Т. А., Емельянов С. Г. Процессы и аппараты защиты гидросферы : учебное пособие для вузов. Москва : Академия, 2010. 287 с.	2
2	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. 11-е изд., стер., дораб. Москва : Альянс, 2005. 750 с.	38
3	Кольцов В. В., Кольцова О. В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебник и практикум для академического бакалавриата. Москва : Юрайт, 2014. 588 с. 30,87 усл. печ. л.	7
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчёт. Москва : Химия, 1986. 271 с.	2
2	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. 15-е изд., стер. Москва : Альянс, 2009. 750 с.	3
3	Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов. 13-е изд., стер. М. : Альянс, 2006. 575 с.	7
4	Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) : учебное пособие для вузов. 3-е изд., испр. Санкт-Петербург : Химиздат, 2010. 543 с. 33,32 усл. печ. л.	9
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию учебное пособие для втузов / Дытнерский Ю. И., Кочаров Р. Г., Мартюшин С. И., Ковалев Ю. Н., Борисов Г. С., Брыков В. П., Каган С. З., Кочергин Н. В., Набатов В. А., Рябов А. В. Стер. Москва : Альянс, 2017. 493 с. 40,2 усл. печ. л.	5
2	Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2 / Ложкин И. Г., Ромашкин М. А., Беляев В. М., Загидуллин С. Х. Пермь : ПНИПУ, 2019. 70 с. 4,5 усл. печ. л.	5
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Ветошкин А. Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов : учебное пособие / Ветошкин А. Г. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-124601	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Сосновский, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Абсорбция газов : учебное пособие / В. И. Сосновский?, Н. Б. Сосновская, С. В. Степанова. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009.	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks62570	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютерный класс на 10 посадочных мест с доской	1
Лекция	Мультимедийный класс с доской и мелом (либо интерактивной доской) на 10 посадочных мест	1
Практическое занятие	Компьютерный класс на 10 посадочных мест с доской	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Биотехнологические процессы и аппараты»
Приложение к рабочей программе дисциплины**

Направление подготовки:	20.04.01 Техносферная безопасность
Направленность (профиль) образовательной программы:	Промышленные биотехнологии и биобезопасность
Квалификация выпускника:	Магистр
Выпускающая кафедра:	Охрана окружающей среды
Форма обучения:	Очная
Курс: 2	Семестр: 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен – 3 семестр	
Курсовая работа – 3 семестр	

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3 семестр учебного плана) и включает 7 разделов. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов.

В 3-м семестре предусмотрено выполнение курсового проекта.

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенции *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, защите курсового проекта и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1– Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля						
	Текущий		Рубежный		Промежуточный		
	ТО	ТКР	ОЛР	РТ/КР	За-чет	КП	Эк-за-мен
	Усвоенные знания						
З.1 знать теоретические основы гидромеханических и тепло-мас-сообменных процессов, используемых в биотехнологии;	ТО	ТКР1		РТ1 РТ2	ТВ	КП	ТВ
З.2 знать принципиальное устройство аппаратов для биотехнологии, методы определения оптимальных режимов их работы;					ТВ	КП	ТВ
З.3 знать современные методы расчета основных технологических процессов, проектирования аппаратов;	ТО	ТКР2		КР2	ТВ	КП	ТВ
	Освоенные умения						
У.1 уметь определять физико-химические и теплофизические свойства перерабатываемых веществ в биотехнологии;		ТКР2		КР1	ТВ	КП	ПЗ
У.2 уметь использовать теоретические закономерности при анализе процессов в биотехнологии;					ТВ	КП	ПЗ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля						
	Текущий		Рубежный		Промежуточный		
	ТО	ТКР	ОЛР	РТ/КР	За-чет	КП	Эк-за-мен
У.3 уметь выполнять расчёт основных процессов и аппаратов биотехнологии с учетом производительности, свойств материалов и условий эксплуатации				КР2	ТВ	КП	ПЗ
У.4 уметь определять оптимальные режимы работы аппаратов					ТВ	КП	ПЗ
У.5 пользоваться технической и нормативной документацией.					ТВ	КП	ПЗ
	Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками расчета и выбора типовых аппаратов для решения конкретных производственных задач.						КП	

ТО – теоретический опрос; ТКР – текущая контрольная работа по теме; ОЛР – отчет по лабораторной работе; РТ/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание, КП – курсовое проектирование.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1 Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме тестовых заданий, решения задач или собеседования или выборочного теоретического опроса студентов по темам модуля. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2 Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексной оценки усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, рубежных контрольных работ и рубежного тестирования (после изучения каждого раздела учебной дисциплины).

2.2.1 Защита лабораторных работ

Лабораторные работы не запланированы.

2.2.2 Рубежное тестирование (контрольная работа)

Рубежные тестирования (РТ) и контрольные работы (КР) запланированы после освоения студентами учебных разделов дисциплины.

Типовые задания рубежного тестирования:

1. Укажите размерность коэффициента динамической вязкости:

1) $\frac{H}{c \cdot m}$; 2) $\frac{Па}{m^2}$; 3) $\frac{H \cdot c}{m^2}$; 4) $\frac{кг}{c \cdot m}$

2. Укажите формулу для фактора разделения центрифуги радиусом R :

1) $K_p = \frac{w^2}{R}$; 2) $K_p = \frac{w}{g \cdot R}$; 3) $K_p = \frac{w^2 \cdot g}{R}$; 4) $K_p = \frac{w^2}{g \cdot R}$

3. Укажите размерность коэффициента теплоотдачи K :

1) $\frac{Дж}{m^2 \cdot град}$; 2) $\frac{Дж}{c \cdot m^2 \cdot град}$; 3) $\frac{Вт}{c \cdot m^2}$; 4) $\frac{Вт}{m^2}$

4. Укажите формулу для определения критерия Нуссельта:

1) $Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$; 2) $Nu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$; 3) $Nu = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$; 4) $Nu = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda}$

5. Укажите формулу для определения диффузионного критерия Пекле:

1) $Pe = \frac{\beta \cdot l}{\lambda}$; 2) $Pe = \frac{w \cdot l}{D}$; 3) $Pe = \frac{\mu \cdot c_p}{D}$; 4) $Pe = \frac{\mu}{\rho \cdot D}$

6. С увеличением флегмового числа в процессе ректификации

- 1) уменьшается движущая сила процесса;
- 2) увеличивается число тарелок в колонне;
- 3) увеличивается требуемая высота аппарата;

4) возрастают затраты тепла на испарение жидкости.

7. Закон Дальтона для процесса абсорбции запишется:

$$1) P^* = E \cdot x; \quad 2) P = \Pi \cdot y; \quad 3) C = K - \Phi + 2; \quad 4) y^* = m \cdot x$$

8. Основной целью расчета массообменного аппарата по кинетической кривой является определение

- 1) числа теоретических тарелок;
- 2) числа действительных тарелок;
- 3) высоты слоя насадки;
- 4) поверхности массообмена.

Результаты тестирования по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Типовые задания контрольной работы:

1. Найти критерий Прандтля для воды при температуре 60 °С и атмосферном давлении.

- 1) 1,66;
- 2) 2,98;
- 3) 0,44;
- 4) 13,7

2. Определить удельную теплоту парообразования r (кДж/кг) для воды при давлении 0,4 МПа.

- 1) 2270;
- 2) 1715;
- 3) 2141;
- 4) 2320

3. Определить среднюю движущую силу при противоточном движении теплоносителей, если холодный теплоноситель нагревается от 20 °С до 90 °С, а горячий теплоноситель охлаждается при этом от 180 °С до 110 °С.

4. Рассчитать диаметр абсорбера D (м), если расход газа составляет 12000 м³/ч, а фиктивная скорость – 1,2 м/с.

- 1) 1,53;
- 2) 1,88;
- 3) 2,02;
- 4) 0,84

5. Определить число единиц переноса No_y , если средняя движущая сила ΔY_{cp} равна 0,0079 кмоль/кмоль, начальная концентрация составляет 0,0639 кмоль/кмоль, а конечная – 0,00128 кмоль/кмоль.

- 1) 2,14;
- 2) 4,32;
- 3) 7,93;
- 4) 11,05

6. Определить расход пара D (кг/ч), выходящего из ректификационной колонны, если расход дистиллята составляет 820 кг/ч, а флегмовое число равно 3,16.

- 1) 2413,8;
- 2) 1543,4;
- 3) 3411,2;
- 4) 4516,3

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических заданий, положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзаменов по

дисциплине устно по билетам и защиты курсового проекта.

Выполнение курсового проекта призвано выявить способности студентов на основе полученных знаний самостоятельно решать конкретные практические задачи по одному из разделов, изучаемых по дисциплине, а также направлено на формирование соответствующих компетенций. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы

2.3.1 Типовые вопросы и задания для экзаменов по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Теплопроводность. Уравнение Фурье. Коэффициент теплопроводности, его значения для различных сред, материалов. Понятие о плотности теплового потока.
2. Конвективный теплообмен: механизм процесса, уравнение Ньютона, коэффициент теплоотдачи.
3. Движущая сила тепловых процессов, расчет средней движущей силы при различном направлении движения теплоносителей.
4. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии, его размерность и численные значения.
5. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
6. Фазовое равновесие бинарных смесей. Закон Рауля. P-X, t-x-y, Y-X диаграммы равновесия для идеальных растворов.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Записать тепловой баланс для подогревателя жидкой среды. Выразить расход горячего теплоносителя.
2. Определить среднюю движущую силу в теплообменнике при противоточном и прямоточном движении сред.
3. Указать порядок определения коэффициента теплоотдачи.
4. Составить тепловой баланс ректификационной колонны.
5. Указать методы расчета насадочного абсорбера.
6. Записать уравнения рабочих линий для ректификационной колонны непрерывного действия.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

Типовые темы курсовых проектов

1. Расчет тарельчатой ректификационной колонны для разделения смеси хлороформ-бензол.
2. Расчет насадочного абсорбера для поглощения паров аммиака из воздуха водой.
3. Расчет вертикального подогревателя бензола насыщенным водяным паром.

Критерии и шкалы оценивания приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

Полный комплект заданий для курсового проектирования хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2 Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене и при защите курсового проекта

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена и защиты курсового проекта.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена и защите курсового проекта для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3 Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

3.2 Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде

экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Приложение 1 – Типовая форма билета

<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»</p>	<p>20.04.01 Техносферная безопасность Промышленные биотехнологии и биобезопасность <i>Кафедра «Оборудование и автоматизация химических производств»</i></p>
<p>Дисциплина «Биотехнологические процессы и аппараты»</p>	
<p>БИЛЕТ № 3</p> <p>1. Закон Генри для абсорбции (<i>контроль знаний</i>). 2. Записать тепловой баланс для ректификационной колонны (<i>контроль умений и владений</i>). 3. Сравнительный анализ конструкций сушильных аппаратов (<i>контроль умений и владений</i>).</p>	
<p>Составил _____ М.А. Ромашкин (подпись)</p> <p>Заведующий кафедрой _____ Е.Р. Мошев (подпись)</p>	
<p>«__» _____ 20__ г.</p>	