

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

« 10 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Процессы и аппараты биотехнологии
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 360 (10)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология
(код и наименование направления)

Направленность: Биотехнология (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний и умений по технологическим процессам биотехнологии, методам расчета процессов и аппаратов, аппаратурному оформлению типовых операций; владение навыками построения чертежей аппаратов в системах автоматизированного проектирования.

Задачи дисциплины

- изучение элементов инженерной и компьютерной графики, основных правил оформления конструкторской документации;
- моделирование, масштабирование и оптимизация технологических процессов;
- теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;
- принципиальное устройство аппаратов, варианты их конструкций, методы интенсификации их работы;
- методики инженерного технологического расчета основных процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии;
- формировать умение читать чертеж и техническую документацию;
- выбирать ферментационное и вспомогательное оборудование, производить его расчет;
- формирование навыков расчета основных параметров биотехнологических процессов и оборудования;
- формирование навыков по использованию современных систем автоматического проектирования.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- технологические процессы в соответствии с регламентом, свойства сырья и продукции;
- методы моделирования и масштабирования технологических процессов на основе теории подобия;
- метод анализа размерностей, гидродинамические, тепловые, массообменные процессы;
- основное аппаратурное оформление химико-технологических и биотехнологических процессов;
- системы автоматизированного проектирования, их использование при разработке проектно-конструкторской и технологической документации.

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
ОПК-3	ИД-1опк-3	Знает отдельные элементы проектирования технических и технологических систем, составления технологических схем биотехнологического производства	Знает отдельные элементы проектирования технических и технологических систем, составления технологических схем 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
ОПК-3	ИД-2опк-3	Умеет составлять принципиальные технологические схемы процессов биотехнологии; проектировать отдельные элементы технических и технологических систем	Умеет составлять принципиальные технологические схемы процессов биотехнологии; проектировать отдельные элементы технических и технологических систем; использовать базовые инженерные и технологические знания.	Курсовой проект
ОПК-3	ИД-3опк-3	Владеет методами составления технологических схем биотехнологического производства; способностью проектировать отдельные элементы технических и технологических объектов на основе использования базовых инженерных знаний	Владеет методами составления технологических схем биотехнологического производства; способностью проектировать отдельные элементы технических и технологических объектов на основе использования базовых инженерных и технологических знаний.	Курсовой проект
ОПК-4	ИД-1опк-4	Знает технологическое оборудование и технологические операции биотехнологических производств	Знает технологическое оборудование и технологические операции биотехнологических производств; качественные и количественные показатели получаемой продукции.	Экзамен
ОПК-4	ИД-2опк-4	Умеет выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами; работать с лабораторным оборудованием	Умеет выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами; работать с лабораторным оборудованием и контролировать ход биотехнологического процесса	Защита лабораторной работы
ОПК-4	ИД-3опк-4	Владеет способностью работать с лабораторным оборудованием, выполнять технологические операции и управлять биотехнологическими процессами	Владеет способностью работать с лабораторным оборудованием, выполнять технологические операции и управлять биотехнологическими процессами; способен контролировать количественные и качественные показатели отдельных продуктов	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			биотехнологии.	
ОПК-5	ИД-1опк-5	Знает основы управления производством, нормативно-правовые акты	Знает основы экономики и управления производством, нормативно-правовые акты, регламентирующие биотехнологическое	Зачет
ОПК-5	ИД-2опк-5	Умеет применять нормативную документацию для разработки составных частей технической документации; оформлять элементы технической документации.	Умеет применять нормативную документацию для разработки составных частей технической документации; оформлять элементы технической документации на основе результатов научно-исследовательских работ.	Курсовой проект
ОПК-5	ИД-3опк-5	Владеет навыками проведения работ по формированию элементов технической документации.	Владеет навыками подготовки информационных обзоров, проведения работ по формированию элементов технической документации на основе результатов научно-исследовательских работ.	Курсовой проект

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	144	51	93
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	48	32	16
- лабораторные работы (ЛР)	36		36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	56	17	39
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	180	57	123
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	108	252

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
6-й семестр				
2	20	0	12	40
Гидромеханические процессы. Понятие о скорости процесса, движущей силе и сопротивлении. Законы сохранения энергии. Общие принципы технологического расчета процессов и аппаратов, материальный и энергетический балансы. Метод анализа размерностей. Теплопередача, основы теории передачи теплоты. Тепловой баланс. Основное уравнение теплопередачи. Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Нагревание водяным паром. Нагревание горячей водой и топочными газами. Охлаждение: охлаждающие агенты, испарительное охлаждение в бассейнах и градирнях. Конструкции теплообменников. Расчет теплообменной аппаратуры.				
1	12	0	5	17
Общие сведения о процессах и аппаратах химической технологии и биотехнологии. Теории физического и математического моделирования процессов химической технологии и биотехнологии. Основы масштабирования и оптимизации процессов и схем. Основы теории подобия. Критерии подобия и их физический смысл. Методики инженерного расчета основных процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии на базе критериев подобия.				
ИТОГО по 6-му семестру	32	0	17	57
7-й семестр				
2	0	18	0	0
Выполнение лабораторных работ по темам: -Гидродинамика насадочной колонны -Осаждение твердых частиц -Гидродинамика псевдооживленного слоя -Фильтрация -Теплопередача в кожухотрубчатом и пластинчатом теплообменниках -Испытание абсорбционной колонны -Испытание ректификационной колонны				

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	11	18	33	73
Массообменные процессы и аппараты. Статика диффузионных процессов. Фазовое равновесие. Молекулярная и конвективная диффузия; теоретические модели переноса массы. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила, число единиц переноса, их расчет. Основные методы расчета массообменной аппаратуры. Физическая сущность процесса ректификации. Фазовое равновесие в системе пар - жидкость для бинарных систем. Классификация бинарных смесей. Схемы установок для непрерывной ректификации. Материальный баланс, уравнения рабочих линий; минимальное и рабочее флегмовое число. Тепловой баланс ректификации; способы образования флегмы и подвода тепла в куб колонны. Конструкции ректификационных аппаратов, их расчет. Физическая сущность абсорбции, ее применение в химической технологии; выбор абсорбента. Равновесие при абсорбции, материальный и тепловой балансы. Принципиальные схемы абсорбционных процессов. Конструкции абсорберов, их расчет				
4	5	0	6	50
Биохимические процессы. Сушка биотехнологических процессов. Физическая сущность процесса сушки. Равновесная влажность, связь влаги с материалом; свойства влажного воздуха. Диаграмма Рамзина. Теоретическая и действительная сушка. Удельные расходы воздуха и тепла. Принципиальные схемы сушильных процессов				
ИТОГО по 7-му семестру	16	36	39	123
ИТОГО по дисциплине	48	36	56	180

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Методики инженерного технологического расчета основных процессов и аппаратов на базе критериев подобия
2	Гидравлический расчет трубопроводов. Определение режима движения жидкости в трубопроводах. Расчет эквивалентного диаметра и гидравлического радиуса
3	Расчет скорости свободного и стесненного осаждения частиц в поле действия массовых сил. Определение времени осаждения частиц. Расчет отстойников
4	Расчет гидравлического сопротивления и критической скорости псевдоожиженного слоя

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Расчет скорости фильтрования, времени промывки осадка. Расчет поверхности фильтра
6	Расчет тепловой нагрузки, движущей силы, коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи и поверхности нагрева. Определение размеров нагревателей и охладителей. Расчет конденсаторов паров
7	Расчет средней движущей силы, числа единиц переноса, высоты насадки и числа тарелок. Расчет расхода абсорбента, перерасчет состава фаз. Определение размеров насадочных и тарельчатых абсорберов
8	Определение параметров процесса ректификации. Расчет ректификационных аппаратов
9	Выбор и расчет ферментационного оборудования

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Гидродинамика насадочной колонны
2	Осаждение твердых частиц
3	Гидродинамика псевдоожиженного слоя
4	Фильтрование
5	Теплопередача в кожухотрубчатом и пластинчатом теплообменниках
6	Испытание абсорбционной колонны
7	Испытание ректификационной колонны

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Проект холодильника-конденсатора для конденсации и охлаждения насыщенного пара водой
2	Проект кожухотрубчатого теплообменника для нагрева воды до температуры кипения
3	Проект тарельчатой ректификационной колонны для разделения бинарной смеси
4	Проект насадочного абсорбера
5	Выбор и расчет ферментационного оборудования

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	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2014.	49

2	Романков П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) : учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2010.	9
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Егорова Т. А. Основы биотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. - Москва: Academia, 2006.	5
2	Елинов Н. П. Основы биотехнологии / Н.П. Елинов. - Санкт-Петербург: Наука, 1995.	18
3	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]. - Москва: Альянс, 2007.	248
2.2. Периодические издания		
1	Белоцветов А. В. Химическая технология : учебник для вузов / А. В. Белоцветов, С. Д. Бесков, Н. Г. Ключников. - Москва: Просвещение, 1971.	1
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Владимиров А. И. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки : учебное пособие для вузов / А. И. Владимиров, В. А. Щелкунов, С. А. Круглов. - Москва: Недра-Бизнесцентр, 2002.	1
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]. - Москва: Альянс, 2015.	2

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]. - Москва: Химия, 1991.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks1827	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2014	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks173610	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) : учебное пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. - СПб: Химиздат, 2009.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks116897	сеть Интернет; 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)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Рабочее место в компьютерном классе, доска, парты, стол преподавателя	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для исследования гидродинамики насадочной колонны	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения процесса абсорбции	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения процесса конвективной сушки	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения процесса ректификации	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения процесса теплообмена	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения процесса фильтрования	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для проведения псевдооживления	1
Лекция	Рабочее место в компьютерном классе, доска, парты, стол преподавателя	1
Практическое занятие	Рабочее место в компьютерном классе, доска, парты, стол преподавателя	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
«Процессы и аппараты биотехнологии»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	19.03.01 Биотехнология
Направленность (профиль) образовательной программы:	Биотехнология (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Выпускающая кафедра:	Химия и биотехнология
Форма обучения:	Очная
Курс: 3, 4	Семестр: 6, 7
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	10 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	360 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Зачёт – 6 семестр	
Экзамен – 7 семестр	
Курсовой проект – 7 семестр	

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины и разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов указанной аттестации и критерии выставления оценок. Настоящий ФОС 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 двух семестров (6, 7 семестры учебного плана) и включает 4 раздела. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов.

В 7-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, освоенных умений и приобретённых владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, защите курсового проекта, сдаче отчётов по лабораторным работам и экзаменов. 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-чёт	КП	Экза-мен
	Усвоенные знания						
З.1 знать теоретические основы гидромеханических и тепло-массообменных процессов, используемых в биотехнологии;	ТО	ТКР1	ОЛР1-ОЛР7	РТ1 РТ2	ТВ	КП	ТВ
З.2 знать принципиальное устройство аппаратов для биотехнологии, методы определения оптимальных режимов их работы;			ОЛР1-ОЛР7		ТВ	КП	ТВ
З.3 знать современные методы расчета основных технологических процессов, проектирования аппаратов;	ТО	ТКР2	ОЛР1-ОЛР7	КР2	ТВ	КП	ТВ
	Освоенные умения						
У.1 уметь определять физико-химические и теплофизические свойства перерабатываемых веществ в биотехнологии;		ТКР2	ОЛР1-ОЛР7	КР1	ТВ	КП	ПЗ
У.2 уметь использовать теоретические закономерности при анализе процессов в биотехнологии;			ОЛР1-ОЛР7		ТВ	КП	ПЗ
У.3 уметь выполнять расчёт основных процессов и аппаратов биотехнологии с учётом производительности, свойств материалов и условий эксплуатации			ОЛР1-ОЛР7	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
	Приобретённые владения						
В.1 владеть навыками расчета и выбора типовых аппаратов для решения конкретных производственных задач.			ОЛР1-ОЛР7			КП	

ТО – теоретический опрос; *ТКР* – текущая контрольная работа по теме; *ОЛР* – отчёт 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 учётом 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 учёбе 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 бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчётов 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, усвоенных умений и приобретённых 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

Количество запланированных лабораторных работ указано в РПД дисциплины. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС

образовательной программы.

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) $\frac{Н}{с \cdot м}$; 2) $\frac{Па}{м^2}$; 3) $\frac{Н \cdot с}{м^2}$; 4) $\frac{кг}{с \cdot м}$

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:

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

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) $P^* = E \cdot x$; 2) $P = \Pi \cdot y$; 3) $C = K - \Phi + 2$; 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, а горячий теплоноситель охлаждается при этом от $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Рассчитать диаметр абсорбера D (м), если расход газа составляет $12000\text{ м}^3/\text{ч}$, а фиктивная скорость – $1,2\text{ м/с}$.

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

5. Определить число единиц переноса $№_{ou}$, если средняя движущая сила ΔY_{cp} равна $0,0079\text{ кмоль/кмоль}$, начальная концентрация составляет $0,0639\text{ кмоль/кмоль}$, а конечная – $0,00128\text{ кмоль/кмоль}$.

- 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 лабораторных работ и 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. Рассчитать и спроектировать теплообменник для нагрева бензолно-толуольной среды.

2. Проект абсорбера для поглощения аммиака из смеси с воздухом.

3. Проект ректификационной установки для отделения ферментированного спирта от примесей.

4. Рассчитать и спроектировать конденсатор насыщенных паров ферментированного спирта.

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</p> <p>«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»</p>	<p>19.03.01 Биотехнология</p> <p>Биотехнология</p> <p><i>Кафедра «Оборудование и автоматизация химических производств»</i></p>
<p>Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии»</p>	
<p>БИЛЕТ № 3</p> <p>1. Закон Генри для абсорбции (<i>контроль знаний</i>).</p> <p>2. Записать тепловой баланс для ректификационной колонны (<i>контроль умений и владений</i>).</p> <p>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>	