

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

« 18 » июля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Процессы и аппараты защиты окружающей среды
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления)

Направленность: Техносферная безопасность (общий профиль, СУОС)
(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-3.1	ИД-1пк-3.1	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области охраны окружающей среды; технологические процессы и режимы производства продукции различных производств;	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области охраны окружающей среды; технологические процессы и режимы производства продукции различных производств; методы и способы анализа экологических рисков	Экзамен
ПК-3.1	ИД-2пк-3.1	Умеет выделять основные факторы, влияющие на экологическую безопасность, в проектах организации; обосновывать снижение экологических рисков при введении в эксплуатацию в организации конкретного вида оборудования	Умеет выделять основные факторы, влияющие на экологическую безопасность, в проектах организации; рассчитывать экологические риски; обосновывать снижение экологических рисков при введении в эксплуатацию в организации конкретного вида оборудования	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-3пк-3.1	Владеет навыками анализа экологической безопасности производств и оценки экологических рисков	Владеет навыками организации работ по проведению анализа экологической безопасности производств и оценки экологических рисков	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.2	ИД-1пк-3.2	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области очистки сточных вод; технологии очистки сточных вод; профессиональные компьютерные программные средства, необходимые для проектирования сооружений	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области очистки сточных вод; технологии очистки сточных вод; нормативно-правовое обеспечение водоснабжения и водоотведения; профессиональные компьютерные программные средства, необходимые для проектирования сооружений	Экзамен
ПК-3.2	ИД-2пк-3.2	Умеет рассчитывать технологические и технические решения линий очистки воды и определять необходимое основное и вспомогательное техническое и технологическое оборудование	Умеет рассчитывать технологических и технических решений линии очистки воды и определять необходимое основное и вспомогательное техническое и технологическое оборудование	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.2	ИД-3пк-3.2	Владеет навыками обосновывать методы очистки сточных вод посредством использования специальных знаний	Владеет навыками обосновывать методы очистки сточных вод посредством использования специальных знаний и экспертных источников информации	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.3	ИД-1пк-3.3	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области обращения с отходами;	Знает отечественные и зарубежные достижения науки и техники в области обращения с отходами; технологии утилизации отходов производства и потребления; методы государственного и экономического регулирования организаций переработчиков отходов;	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-2пк-3.3	Умеет обобщать и использовать в работе современные направления развития отечественной и зарубежной науки и техники в сфере очистки промышленных выбросов;	Умеет обобщать и использовать в работе современные направления развития отечественной и зарубежной науки и техники в сфере обращения с отходами; оценивать социально-экономическую и экологическую эффективность внедрения обращения с отходами	Отчёт по практическом у занятию
ПК-3.3	ИД-3пк-3.3	Владеет навыками разрабатывать подходы в области обезвреживания отходов производства	Владеет навыками разрабатывать подходы, включая нестандартные, в области обезвреживания и переработки отходов производства и потребления посредством использования специальных знаний и экспертных источников информации	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
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)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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
8-й семестр				
Основы гидравлики	2	0	2	4
<p>Тема 1. Гидростатика. Основные свойства газов и жидкостей. Давление, свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение.</p> <p>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.</p>				
Гидромеханические процессы	2	0	6	8
<p>Тема 3 Псевдооживленный (кипящий) слой Характеристики кипящего слоя: порозность, коэффициент псевдооживления, гидравлическое сопротивление, фиктивная и действительная скорость. Устройство аппаратов КС, типы газораспределительных решеток.</p> <p>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.</p> <p>Тема 5 Очистка газа и жидкости от твёрдых 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.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тепловые процессы	2	0	4	8
<p>Тема 6 Способы передачи тепла. Теплоотдача и теплопередача.</p> <p>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.</p> <p>Тема 7 Тепловое подобие. Аппаратурное оформление тепловых процессов.</p> <p>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.</p> <p>Основные конструкции теплообменных аппаратов. Способы компенсации температурных удлинений. Порядок расчета теплообменных аппаратов.</p> <p>Тема 8 Выпаривание.</p> <p>Технические методы процесса выпаривания.</p> <p>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.</p>				
Массообменные процессы	4	0	6	10
<p>Тема 9 Теория массообменных процессов</p> <p>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.</p> <p>Тема 10 Массопередача. Методы расчета массообменных аппаратов</p> <p>Основное уравнение массопередачи. Молекулярная диффузия, закон Фика. Конвективная диффузия, закон Шукарева. 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</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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	6	8
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	6	8
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	6	8
Тема 15 Теоретические основы процесса сушки Способы сушки, связь влаги с материалом. 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 8-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

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	Расчет 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.

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.

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 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	Будькина Т. А. Процессы и аппараты защиты гидросферы : учебное пособие для вузов / Т. А. Будькина, С. Г. Емельянов. - Москва: Академия, 2010.	2
2	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2014.	49
3	Кольцов В. В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. В. Кольцов, О. В. Кольцова. - Москва: Юрайт, 2014.	7
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчёт / Ю. И. Дытнерский. - Москва: Альянс, 2019.	4
2	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2009.	4
3	Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - М.: Альянс, 2006.	8
4	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.	10
2.2. Периодические издания		
1	Промышленная безопасность и экология : журнал для профессионалов / Промышленная безопасность и экология. - Пермь: Промышленная безопасность и экология, 2006 - .	

2	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	1
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 вузов / Ю. И. Дытнерский [и др.]. - Москва: Альянс, 2017.	5
2	Ч. 2 / И. Г. Ложкин [и др.]. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2019. - (Процессы и аппараты химической технологии : лабораторный практикум : в 2 ч.; Ч. 2).	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

Вид ПО	Наименование ПО
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/
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
Лекция	Мультимедийный класс с доской и мелом (либо интерактивной доской) на 20 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
«Процессы и аппараты защиты окружающей среды»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	20.03.01 Техносферная безопасность	
Направленность (профиль) образовательной программы:	Техносферная безопасность (общий профиль, СУОС)	
Квалификация выпускника:	Бакалавр	
Выпускающая кафедра:	Охрана окружающей среды	
Форма обучения:	Очная	
Курс: 4	Семестр: 8	
Трудоёмкость:		
Кредитов по рабочему учебному плану:	3	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108	ч.
Форма промежуточной аттестации:		
Зачёт – 8 семестр		

Пермь 2023

Фонд оценочных средств 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 (8-го семестра учебного плана) и включает 3 раздела. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. 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. 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	РТ/КР	Зачет
Усвоенные знания				
З.1 знать теоретические основы гидромеханических и тепло-массообменных процессов, используемых в химической промышленности;	ТО	ТКР1	РТ1 РТ2	ТВ
З.2 знать принципиальное устройство аппаратов для химической промышленности, методы определения оптимальных режимов их работы;				ТВ
З.3 знать современные методы расчета основных технологических процессов, проектирования аппаратов;	ТО	ТКР2	КР2	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь определять физико-химические и теплофизические свойства перерабатываемых веществ в химической промышленности;		ТКР2	КР1	ПЗ
У.2 уметь использовать теоретические закономерности при анализе процессов в химической промышленности;				ПЗ
У.3 уметь выполнять расчёт основных процессов и аппаратов			КР2	ПЗ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Промежуточный
	ТО	ТКР	РТ/КР	Зачет
химической промышленности с учетом производительности, свойств материалов и условий эксплуатации				
У.4 уметь определять оптимальные режимы работы аппаратов				ПЗ
У.5 пользоваться технической и нормативной документацией.				ПЗ
	Приобретенные владения			
В.1 владеть навыками расчета и выбора типовых аппаратов для решения конкретных производственных задач.				ПЗ

ТО – теоретический опрос; ТКР – текущая контрольная работа по теме; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

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

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 путём компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), 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 в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. 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 рубежных контрольных работ и рубежного тестирования (после изучения каждого раздела учебной дисциплины).

2.2.1 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) $P^* = E \cdot x$; 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 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 No_{μ} , если средняя движущая сила $\Delta Y_{\text{ср}}$ 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 шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.3.2.1 Типовые вопросы и задания для зачета 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. Определить среднюю движущую силу в теплообменнике при противоточном и прямоточном движении сред.
2. Указать порядок определения коэффициента теплоотдачи.
3. Составить тепловой баланс ректификационной колонны.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Записать тепловой баланс для подогревателя жидкой среды. Выразить расход горячего теплоносителя.
2. Указать методы расчета насадочного абсорбера.
3. Записать уравнения рабочих линий для ректификационной колонны непрерывного действия.

2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета 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 компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

