

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

« 29 » августа 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Процессы и аппараты химической технологии  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных  
материалов и изделий  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология полимерных композиций, порохов и  
твёрдых ракетных топлив (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

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

Задачи учебной 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;
- 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
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Знает технологическое оборудование для решения задач профессиональной деятельности; методы обработки и анализа полученных результатов	Знает технологическое и аналитическое оборудование для решения задач профессиональной деятельности; методов обработки и анализа полученных результатов	Экзамен
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	Умеет применять технологическое и аналитическое оборудование для решения задач профессиональной деятельности.	Умеет применять технологическое и аналитическое оборудование для решения задач профессиональной деятельности.	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
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	Владеет навыками использования технологического и аналитического оборудования при проведении научного и технологического эксперимента, обработки и анализа полученных результатов	Владеет навыками использования технологического и аналитического оборудования при проведении научного и технологического эксперимента, обработки и анализа полученных результатов	Защита лабораторной работы
ПКО-7	ИД-1ПКО-7	Знает основные процессы и аппараты химической технологии, понятия теории управления технологическими процессами; основные методы и способы управления типовыми технологическими процессами	Знает основные процессы и аппараты химической технологии, понятия теории управления технологическими процессами; основные методы и способы управления типовыми технологическими процессами	Экзамен
ПКО-7	ИД-2ПКО-7	Умеет определять ведущие параметры технологического процесса; выбирать регулирующие воздействия на технологический процесс для достижения цели управления;	Умеет определять ведущие параметры технологического процесса; выбирать регулирующие воздействия на технологический процесс для достижения цели управления;	Защита лабораторной работы
ПКО-7	ИД-3ПКО-7	Владеет навыками разработки технологических процессов и выборе их аппаратного оформления, навыками анализа химико-технологических процессов как объектов управления.	Владеет навыками разработки технологических процессов и выборе их аппаратного оформления, навыками анализа химико-технологических процессов как объектов управления.	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	5
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	144	72	72
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	48	32	16
- лабораторные работы (ЛР)	45	18	27
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	45	18	27
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	180	72	108
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	144	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
4-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов.				
Основы гидравлики	5	0	4	16
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 расходов. Режимы движения жидкости в трубопроводах. Понятие эквивалентного диаметра и гидравлического радиуса. Гидравлическое сопротивление в трубопроводах. Потери напора на трение и на местных сопротивлениях. Расчет 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	8	8	6	28
<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 насадках 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 от пыли Очистка газов под действием центробежной силы. Циклоны. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов, аппаратура процесса. Электрическая очистка газов. Электро-фильтры.</p>				
Тепловые процессы	18	10	8	28
<p>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 теплоотдачи. 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. 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.</p> <p>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</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
оптимального числа корпусов многокорпусной выпарной установки.				
ИТОГО по 4-му семестру	32	18	18	72
5-й семестр				
Массообменные процессы	4	0	6	18
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 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 массопередачи. 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	4	9	6	30
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	4	9	6	30
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				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Аппаратура процесса ректификации. Технологические схемы процессов ректификации периодического и непрерывного действия.				
Сушка	4	9	9	30
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 про-межуточным подогревом, с частичной циркуляцией отработанного газа, сушка топочными газами).				
ИТОГО по 5-му семестру	16	27	27	108
ИТОГО по дисциплине	48	45	45	180

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основное уравнение гидростатики и его практическое применение
2	Гидравлическое сопротивление трубопроводов, потери напора на трение и местные сопротивления. Расчет и подбор насосов и компрессорных машин
3	Определение скорости начала псевдооживления и скорости уноса
4	Расчет гидравлического сопротивления сухой и орошаемой насадки
5	Расчет аппаратов для очистки запыленных газов
6	Тепловые балансы, средняя движущая сила тепловых процессов, основное уравнение теплопередачи
7	Критериальные уравнения тепловых процессов, расчет теплообменных аппаратов
8	Решение задач по лучистому и конвективному теплообмену в трубчатых печах
9	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов
10	Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение, методы расчета массообменных аппаратов
11	Материальный баланс процесса абсорбции, расчет насадочных и тарельчатых абсорберов
12	Материальный и тепловой баланс процесса ректификации, расчет числа тарелок и высоты насадки колонных аппаратов. Расчет минимального и действительного флегмового числа. Определение числа тарелок по кинетической кривой

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
13	Материальный и тепловой баланс процесса сушки, диаграмма Рамзина
14	Расчет процесса экстракции в системе жидкость-жидкость в колонных аппаратах

#### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Гидродинамика псевдооживленного (кипящего) слоя
2	Гидродинамика насадочной колонны
3	Испытание кожухотрубчатого теплообменника
4	Испытание пластинчатого теплообменника
5	Массообмен в тарельчатой колонне
6	Испытание пленочного абсорбера
7	Испытание тарельчатой ректификационной колонны
8	Исследование конвективной сушки твердого тела

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Проект нормализованного холодильника-конденсатора для конденсации и охлаждения насыщенного пара бутилового спирта оборотной водой.
2	Проект нормализованного теплообменника «труба в трубе» для конденсации насыщенного пара ацетона.
3	Проект аппарата воздушного охлаждения для конденсации паров бензина.
4	Проект нормализованного пластинчатого холодильника для охлаждения бензиновых фракций.
5	Проект насадочной ректификационной колонны для разделения бинарной смеси метиловый спирт-вода.
6	Проект ректификационной колонны для разделения бинарной смеси хлороформ-бензол.
7	Проект нормализованного кожухотрубного теплообменника для нагрева воды до температуры кипения.
8	Проект нормализованного теплообменника для конденсации перегретого водяного пара.
9	Проект нормализованного теплообменника для конденсации газообразного NH <sub>3</sub> .
10	Проект нормализованного теплообменника типа «труба в трубе» для конденсации перегретого водяного пара.
11	Проект нормализованного теплообменника для нагрева воздуха насыщенным водяным паром.
12	Проект нормализованного кожухотрубчатого теплообменника для нагрева газообразного азота.

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
13	Проект нормализованного теплообменника для конденсации насыщенного пара метано-ла.
14	Проект насадочного абсорбера для поглощения SO <sub>2</sub> водой.
15	Проект тарельчатого абсорбера для поглощения CO <sub>2</sub> водой.
16	Проект абсорбера для поглощения NH <sub>3</sub> водой.
17	Проект насадочного абсорбера для поглощения SO <sub>3</sub> водой.
18	Проект тарельчатой ректификационной колонны для разделения бинарной смеси метанол – вода.
19	Проект насадочной ректификационной колонны для разделения бинарной смеси этиловый спирт – вода.
20	Проект ректификационной колонны с ситчатыми тарелками для разделения бинарной смеси вода – уксусная кислота.

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2014.	49
2	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Ю. И. Дытнерский [и др.]. - Москва: Альянс, 2017.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]. - Москва: Альянс, 2010.	20
2	Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию : учебное пособие для вузов / Г. С. Борисов [и др.]. - Москва: Альянс, 2015.	2
3	Основы проектирования химических производств : учебник для вузов / В. И. Косинцев [и др.]. - М.: Академкнига, 2008.	50
4	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
5	Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017.	1
6	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
7	Ч. 2 / Г. М. Островский [и др.]. - СПб: , Проффессионал, 2007. - (Процессы и аппараты химических технологий : в 2 ч.; Ч. 2).	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. З. Пойлова ; Под ред. В. Ю. Петрова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	1
2	Химическая промышленность сегодня : научно-технический журнал / Химпром сегодня; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Институт катализа им. Г. К. Борескова; Агропродмир; Максима. - Москва: Химпром сегодня, 2003 - .	1
3	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

<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	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
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks173610">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks173610</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для втузов / Ю. И. Дытнерский [и др.]. - Москва: Альянс, 2017.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks199727">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks199727</a>	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

## 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)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Компьютерный класс на 10 рабочих мест	1
Лабораторная работа	Аудитория, оборудованная для выполнения лабораторных работ согласно настоящей программе	1
Лекция	Аудитория на 20 человек с доской и/или мультимедийной системой	1
Практическое занятие	Аудитория на 20 человек с доской и/или мультимедийной системой	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 химической технологии»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Специальность:</b>	<b>18.05.01</b> - «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
<b>Специализация:</b>	№ 2 «Химическая технология полимерных композиций, порохов и твёрдых ракетных топлив»
<b>Квалификация выпускника:</b>	специалист
<b>Специальное звание:</b>	инженер
<b>Выпускающая кафедра:</b>	«Технология полимерных материалов и порохов»
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> <u>2, 3</u>	<b>Семестр:</b> <u>4, 5</u>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	10 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	360 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Зачёт – 4 сем.;	
экзамен – 5 сем.;	
курсовой проект – 5 сем.	

**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. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (4 и 5 семестры учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *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 итогового контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, сдаче отчетов по лабораторным работам, зачета 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	Зачёт	КП	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>							
<b>З.1</b> знает основные законы переноса теплоты и массы вещества	ТО	ТКР1	ОЛР1-ОЛР7	РТ1-РТ2	ТВ	КП	ТВ
<b>З.2</b> знает теорию гидромеханических и тепло-массообменных процессов			ОЛР1-ОЛР7		ТВ	КП	ТВ
<b>З.3</b> знает принципиальное устройство аппаратов основных технологических процессов	ТО	ТКР2	ОЛР1-ОЛР7	КР2	ТВ	КП	ТВ
<b>З.4</b> знает методы расчета типовых процессов и аппаратов							
<b>Освоенные умения</b>							
<b>У.1</b> умеет выбирать технологические средства и технологии основных гидромеханических и тепло-массообменных процессов		ТКР2	ОЛР1-ОЛР7	КР1	ТВ	КП	ПЗ
<b>У.2</b> умеет выполнять расчёты основных процессов и аппаратов			ОЛР1-ОЛР7		ТВ	КП	ПЗ
<b>У.3</b> умеет применять на практике методы расчета основных процессов			ОЛР1-ОЛР7	КР2	ТВ	КП	ПЗ
<b>У.4</b> умеет выполнить типовой проект теплообменного аппарата					ТВ	КП	ПЗ
<b>У.1</b> умеет выбирать технологические средства и технологии основных гидромеханических и тепло-массообменных процессов					ТВ	КП	ПЗ
<b>Приобретённые владения</b>							
<b>В.1</b> владеет практическими навыками при разработке технологических процессов и выборе аппаратного оформления для их проведения			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 зачета и экзамена, проводимая с учётом 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 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 бланочного 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 или решения задач по темам модуля. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

#### **Типовые тестовые задания по теме:**

1. Укажите уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости:

$$1) z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}; \quad 2) z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} - h_{II} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}$$

2. Укажите критерий Эйлера:

$$1) \frac{wd}{\nu}; \quad 2) \frac{w^2}{gd}; \quad 3) \frac{\Delta P}{\rho w^2}$$

3. Укажите основное уравнение гидростатики:

$$1) p = p_0 + \rho gh$$

$$2) \Delta P_{TP} = \lambda \frac{L}{d_s} \cdot \frac{sw^2}{2}$$

## 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, тестирования или решения задач (после изучения каждого модуля учебной дисциплины), а также защиты курсового проекта.

### 2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 8 лабораторных работ. 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. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежных тестовых задания и (или) 2 контрольные задачи после освоения студентами учебных модулей 1 и 2. Первое задание – по модулю 1 «Гидромеханические и тепловые процессы», второе задание – по модулю 2 «Массообменные процессы».

Примеры тестовых заданий приведены в Приложениях 1 и 2.

### 2.2.3. Защита курсового проекта.

Темы курсовых проектов соответствуют содержанию учебных модулей 1 и 2 и приведены в РПД.

По согласованию с выпускающей кафедрой преподавателем могут быть предложены и другие темы курсовых проектов.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части – чертежей общего вида аппарата и отдельных его узлов.

В курсовой проект могут быть включены элементы исследовательского характера.

## 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

### 1) Зачёт

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

### 2) Экзамен

Допуск осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача зачёта, всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Структура экзаменационного билета включает два задания, которые могут содержать теоретические вопросы и типовые задания, способствующие более полному раскрытию темы. Оценка выставляется с учетом ответа на вопросы экзаменационного билета, а также результатов аттестации и форм рубежного контроля.

Типовая форма билета приведена в Приложении 3.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета/экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение.
2. Гидродинамика потоков в насадках.
3. Основные критерии теплового подобия, их физический смысл.
4. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Указать рекомендуемые скорости газов, паров и жидкостей в трубопроводах.
2. Указать основные характеристики кипящего слоя.
3. Провести оценку особенностей работы эмульгационных колонн.
4. Выполнить сравнительную оценку конструкций абсорберов.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Выбрать способ очистки газов от тонкодисперсной пыли.
2. Проанализировать влияние прямотока и противотока на движущую силу тепловых процессов.
3. Выбрать оптимальное число корпусов многокорпусной выпарной установки.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене.**

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.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов **знать, уметь, 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 во время экзамена считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности компетенции проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемой компетенции, 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.

Примеры тестовых заданий

Тест № 1 (модуль 1)

1. Укажите критерий Фруда:

1)  $\frac{wd}{\nu}$ ;      2)  $\frac{w^2}{gd}$ ;      3)  $\frac{\Delta P}{gw^2}$

2. Укажите обобщённое уравнение гидродинамики для установившегося движения:

1)  $Eu = f(Fr, Re, \frac{l}{d_s})$ ; 2)  $Eu = f(Re, Fr, Ho, \frac{l}{d_s})$

3. Укажите критериальное уравнение теплоотдачи при естественной конвекции:

1)  $Nu = f(Gr, Pr, \frac{l}{d})$ ;      2)  $Nu = f(Re, Pr, \frac{l}{d})$

Тест № 2 (модуль 2)

1. Укажите закон Генри:

1)  $P_A = P \cdot y_A$ ;      2)  $P_A^* = E x_A$ ;      3)  $y_A^* = \frac{E}{p} x_A$

2. Укажите уравнение материального баланса ректификационной колонны:

1)  $F = P + W$ ;      б)  $F X_f = P X_p + W X_w$

3. С увеличением флегмового числа высота аппарата:

а) возрастает;      б) уменьшается

**Примеры контрольных задач**

**Задача № 1 (модуль 1)**

Найти критическую скорость в прямой трубе диаметром 51x2,5 мм:

- а) для воздуха при 20°C и  $P_{абс} = 0,1$  МПа;
- б) для нефтяного масла, имеющего  $\mu = 35$  мПа·с и относительную плотность 0,963.

**Задача № 2 (модуль 2)**

Смесь бензола и толуола кипит при 95°C под давлением 760 мм рт.ст. При 95°C давление насыщенного пара бензола  $P_б = 1167$  мм.рт.ст.; давление насыщенного пара толуола  $P_т = 480$  мм.рт.ст. Найти состав кипящей жидкости, считая, что смесь характеризуется законом Рауля.

Пример билета для дифференцированного зачета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)

18.05.01 Специализация № 2 «Химическая технология полимерных композиций, порохов и твердых ракетных топлив»

*Кафедра  
«Оборудование и автоматизация химических производств»*

*Дисциплина  
Процессы и аппараты химической технологии*

БИЛЕТ № \_\_

1. Материальный баланс ректификационной колонны (контроль знаний).
2. Оценить влияние флегмового числа на эффективность работы ректификационной колонны (контроль умений и владений).

Составитель \_\_\_\_\_ А.Г. Хдуденёв  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Р. Мошев  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.