

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 14 » сентября 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

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

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

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

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **18.03.01 Химическая технология**  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Химическая технология (общий профиль, СУОС)**  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков по теории технологических процессов, их аппаратного оформления, освоения методов расчета процессов и аппаратов химической технологии.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Технологические процессы и 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-2.7	ИД-1пк-2.7	Основные законы теплоты и массы вещества; теорию гидромеханических и тепломассообменных процессов; принципиальное устройство аппаратов основных технологических процессов; методы расчета типовых процессов и аппаратов.	Знает основные физические теории, кристаллические структуры и их связи с природой вещества необходимые для решения возникающих физических задач в своей профессиональной области; принципы работы приборов и устройств.	Экзамен
ПК-2.7	ИД-2пк-2.7	Выбирать технологические средства и технологии основных гидромеханических и тепломассообменных процессов; выполнять расчеты основных процессов и аппаратов, применять на практике методы расчета основных процессов; выполнять типовой проект аппарата.	Умеет применять знания о физических теориях, кристаллических структурах и их связи с природой вещества и самостоятельно приобретать их для решения возникающих задач.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-3пк-2.7	Владеет практическими навыками при разработке технологических процессов и выборе аппаратурного оформления для их проведения.	Владеет навыками использования для решения возникающих задач основных физических теорий; приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств.	Курсовой проект

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		5	6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	146	64	80	2
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:				
- лекции (Л)	48	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	54	18	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	2	2
- контрольная работа				
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	178	44	100	34
2. Промежуточная аттестация				
Экзамен	36		36	
Дифференцированный зачет	9	9		
Зачет				
Курсовой проект (КП)	36			36
Курсовая работа (КР)				
Общая трудоемкость дисциплины	360	108	216	36

### 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	
5-й семестр				
Основы гидравлики	5	0	4	17
Основные свойства газов и жидкостей. Основное уравнение гидростатики. Режимы движения жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. 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	9	8	6	14
Псевдооживленный (кипящий) слой. Гидродинамика потоков в насадках. Очистка газа от пыли. Аппаратура процесса.				
Тепловые процессы	10	10	8	13
Способы передачи тепла. Основное уравнение теплопередачи. средняя движущая сила тепловых процессов. Тепловое подобие. Основные критерии теплового подобия и критериальные уравнения. Расчет теплообменных аппаратов. Процессы выпаривания. Аппаратура процесса.				
ИТОГО по 5-му семестру	24	18	18	44
6-й семестр				
Массообменные процессы	8	9	6	20
Теория массообменных процессов. Основные законы переноса массы вещества. Материальный баланс массообменных процессов. Методы расчета массообменных аппаратов.				
Абсорбция	5	9	4	27
Теоретические основы процесса абсорбции. Аппаратура процесса.				
Ректификация	5	9	4	26
Теоретические основы процесса ректификации и аппарата процесс.				
Процессы сушки	6	9	4	27
Теоретические основы процесса. Устройство аппаратов для проведения процесса сушки.				
ИТОГО по 6-му семестру	24	36	18	100
7-й семестр				
Курсовой проект	0	0	0	34
Расчет и проектирование аппаратов для проведения тепловых и массообменных процессов				
ИТОГО по 7-му семестру	0	0	0	34
ИТОГО по дисциплине	48	54	36	178

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Практическое применение законов гидростатики.
2	Режимы движения жидкости и газа. Эквивалентный диаметр трубопровода.
3	Расчет гидравлического сопротивления трубопроводов и аппаратов.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
4	Составление тепловых балансов, расчет средней движущей силы процесса теплопередачи.
5	Порядок расчета теплообменных аппаратов
6	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов.
7	Порядок расчета насадочных и тарельчатых абсорберов.
8	Уравнение рабочей линии для укрепляющей и исчерпывающей части тарельчатой ректификационной колонны. Расчет числа теоретических тарелок.
9	Диаграмма Рамзина для влажного воздуха. Изображение процессов нагревания, охлаждения и сушки на диаграмме.

### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Изучение гидродинамики псевдооживленного (кипящего) слоя.
2	Изучение гидродинамических режимов в насадочной колонне.
3	Испытание кожухотрубчатого теплообменного аппарата.
4	Испытание пленочного абсорбера.
5	Испытание тарельчатой ректификационной колонны.
6	Исследование процесса конвективной сушки твердого тела.

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Рассчитать и спроектировать нормализованный кожухотрубчатый теплообменник для конденсации перегретого водяного пара.
2	Рассчитать и спроектировать теплообменник типа "труба в трубе" для конденсации насыщенного пара метилового спирта.
3	Рассчитать и спроектировать выпарную установку для концентрирования водного раствора хлористого натрия.
4	Рассчитать и спроектировать насадочный абсорбер для поглощения NH <sub>3</sub> водой.
5	Рассчитать и спроектировать тарельчатую ректификационную колонну для разделения бинарной смеси этанол-вода.
6	Рассчитать и спроектировать сушилку КС для высушивания гранулированного хлористого калия.

## 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 и анализ практических ситуаций.

### 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

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
<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: Химия, 1991.	14
2	Ульянов Б.А. Процессы и аппараты химической технологии : в примерах и задачах : учебное пособие / Б.А. Ульянов, В.Я. Бадеников, В.Г. Ликучев. - Ангарск: Изд-во АГТА, 2006.	10
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Экология и промышленность России : общественный научно-технический журнал. - Москва: , Калвис , , 1996 - . 2019, т. 23, № 10.	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Ч. 1. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2017. - (Процессы и аппараты химической технологии : лабораторный практикум : в 2 ч.; Ч. 1).	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
3	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>		
1	Ч. 1. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2017. - (Процессы и аппараты химической технологии : лабораторный практикум : в 2 ч.; Ч. 1).	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

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ульянов Б.А. Процессы и аппараты химической технологии : в примерах и задачах : учебное пособие / Б.А. Ульянов, В.Я. Бадеников, В.Г. Ликучев. - Ангарск: Изд-во АГТА, 2006.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks123081">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks123081</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Логос, 2002. - 600 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks46638">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks46638</a>	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.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V14 (лиц.Иж-12-00110)

### 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	<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>
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>

### 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 изучения гидродинамики кипящего (псевдоожигенного) слоя	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для изучения гидродинамики потоков в насадочной колонне.	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для изучения процесса абсорбции	1
Лабораторная работа	лабораторная установка для изучения процесса конвективной сушки твердого тела	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для изучения процесса массопередачи в тарельчатой ректификационной колонне.	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка для изучения процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике	1
Лекция	Мультимедийный комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	1



Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	Мультимедийный комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе



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

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Химическая технология неорганических веществ

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Выпускающая кафедра:** Химические технологии

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5,6,7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 10 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 360 ч.

**Виды промежуточного контроля:**

Экзамен: 6 сем. Диф.зачёт: 5 сем. Курсовой проект: 7 сем. Курсовая работа: нет.

Пермь 2020

**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 пятого, шестого и седьмого семестров и разбито на два учебных модуля. В процессе освоения дисциплины предусмотрены аудиторские лекционные, практические, лабораторные занятия и курсовой проект, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении контрольных работ, тестирования, сдаче отчетов по лабораторным работам, курсового проекта, и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный Экзамен / Курсовой проект
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	
<b>В результате освоения дисциплины студент знает:</b>					
<b>3.1</b> основные законы переноса теплоты и массы вещества		ТО		Т; КР	ТВ
<b>3.2</b> теорию гидромеханических и тепло-массообменных процессов				Т; КР	ТВ
<b>3.3</b> принципиальное устройство аппаратов основных технологических процессов				Т; КР	ТВ
<b>3.4</b> методы расчета типовых процессов и аппаратов	С			Т; КР	ТВ
<b>В результате освоения дисциплины студент умеет:</b>					
<b>У.1</b> выбирать технологические средства и технологии основных гидромеханических и тепло-массообменных процессов			ОЛР	Т; КР	ПЗ
<b>У.2</b> выполнять расчеты основных процессов и аппаратов			ОЛР	Т; КР	ПЗ
<b>У.3</b> применять на практике методы расчета			ОЛР	Т; КР	ПЗ

основных процессов					
<b>У.4</b> выполнить типовой проект аппарата					КЗ
<b>В результате освоения дисциплины студент владеет:</b>					
<b>В.1</b> практическими навыками при разработке технологических процессов и выборе аппаратного оформления для их проведения					КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ИЗ – индивидуальное задание; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.*

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

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

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

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

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

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

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса проводится по каждой теме. Результаты по четырех балльной шкале 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 тестирования, защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ после изучения каждого модуля учебной дисциплины.

### **2.2.1 Защита лабораторных работ**

Всего запланировано восемь лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

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

### **2.2.2 Рубежная контрольная работа и рубежное тестирование**

При изучении дисциплины запланированы рубежное тестирование и рубежная контрольная работа после освоения студентами каждого модуля дисциплины.

### **2.2.3 Курсовой проект**

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

В курсовой проект могут быть включены элементы исследовательского характера.

#### **Типовые темы курсовых проектов:**

- Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для конденсации перегретого водяного пара.
- Рассчитать и спроектировать выпарную установку для концентрирования водного раствора NaOH.
- Рассчитать и спроектировать абсорбер для поглощения  $\text{NH}_3$  водой.
- Рассчитать и спроектировать тарельчатую ректификационную колонну для разделения бинарной смеси метанол – вода.
- Рассчитать и спроектировать сушилку для высушивания хлористого калия.

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

#### **Типовые задания для тестирования:**

1. Эквивалентный диаметр газохода прямоугольного сечения со сторонами  $a = 2$  м;  $b = 3$  м равен

1) 3,2 м

2) 2,5 м

3) 5,0 м

4) 2,4 м

2. Средняя движущая сила теплового процесса при заданной схеме движения теплоносителей равна

$$20^{\circ} \longrightarrow 50^{\circ}$$

$$70^{\circ} \longleftarrow 120^{\circ}$$

1)  $50^{\circ}$

2)  $60^{\circ}$

3)  $70^{\circ}$

4)  $80^{\circ}$

3. Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1=50 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ;  $\alpha_2=130 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ , в этом случае коэффициент теплопередачи будет иметь значение

1) более  $130 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

2) от  $50$  до  $130 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

3) менее  $50 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

4) будет равен  $90 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

4. Основной целью расчета тарельчатого абсорбера по кинетической кривой является определение

1) высоты слоя насадки

2) числа теоретических тарелок

3) числа действительных тарелок

4) поверхности контакта фаз

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

#### Типовые задания для контрольной работы:

1. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба –  $96 \times 3,5$  мм, внутренняя –  $57 \times 3$  мм, расход воды  $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ , средняя температура воды  $20^{\circ}\text{C}$ .

2. Определить потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром  $19 \times 2$  мм, длиной  $10$  м. Скорость воды  $2$  м/с, температура –  $55^{\circ}\text{C}$ . Принять шероховатость трубы  $0,005$  мм.

3.  $3700$  кг/ч метилового спирта подогревается от  $10$  до  $50^{\circ}\text{C}$ , проходя по трубному пространству теплообменника, состоящему из  $19$  труб диаметром  $16 \times 2$  мм. Определить коэффициент теплоотдачи, если принять температуру стенки  $60^{\circ}\text{C}$ .

4. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с  $24\%$  (мол.) легколетучего компонента. Концентрация дистиллята  $95\%$  (мол.), концентрация кубового остатка  $3\%$  (мол.) легколетучего компонента. В дефлегматор поступает  $850$  кмол/ч пара, в колонну из дефлегматора  $670$  кмол/ч флегмы. Сколько получается кубового остатка.

5. Пользуясь диаграммой Рамзина найти влагосодержание, энтальпию, температуру мокрого термометра и точку росы для воздуха, покидающего сушилку с температурой  $50^{\circ}\text{C}$  и относительной влажностью  $70\%$ .

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

### 2.3 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде защиты курсового проекта и экзамена. Экзамен проводится по билетам. Билет может содержать теоретические вопросы (ТВ) для проверки *усвоенных знаний*, практические задания (ПЗ) для проверки *освоенных умений* и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня *приобретенных владений* всех заявленных компетенций. Вместе с тем, *если в учебной дисциплине запланированы комплексные лабораторные работы, индивидуальные задания или курсовой проект направленные на формирование владений обучающегося, то билет может не содержать комплексных заданий на контроль владений студентов, а промежуточная аттестация за данный компонент компетенции оценивается по интегральным результатам рубежного контроля.*

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в Приложении А.

#### 2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

*Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:*

1. Основное уравнение гидростатики.
2. Гидродинамические режимы двухфазных потоков в насадке.
3. Основное уравнение теплопередачи.
3. Определение общей и полезной разности температур в процессе выпаривания.
4. Массообменные процессы, средняя движущая сила массообменных процессов.
5. Что такое флегма, флегмовое число, коэффициент избытка флегмы.

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

1. Составить в общем виде тепловой баланс кожухотрубчатого теплообменника
2. Рассчитать коэффициент теплопередачи по известным коэффициентам теплоотдачи.
3. Определить среднюю движущую силу массообменного процесса при прямотоке и при противотоке.

*Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:*

1. Определить направление массопереноса на основе анализа рабочей и равновесной концентрации.
2. Используя рабочую и равновесную линии, рассчитать количество теоретических тарелок процесса абсорбции.
3. Изобразить на диаграмме Рамзина процесс сушки с промежуточным подогревом воздуха.

Критерии оценки ситуационных заданий, проверки умений и владений представлены в приложении Б. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **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 четырех балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена 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.*

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


Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по четырех 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 унифицированные критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.



## Приложение А – Типовая форма билета

 <p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>Пермский национальный исследовательский политехнический университет</b></p>	
Кафедра	<i>Оборудование и автоматизация химических производств</i>
Дисциплина	<i>Процессы и аппараты химической технологии</i>
<b>Экзаменационный билет №1</b>	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Предмет и задача курса ПАХТ. Классификация основных процессов.</li><li>2. Порядок проектировочного расчета теплообменника.</li><li>3. Диаграмма Рамзина для влажного воздуха. Изображение процессов нагревания, охлаждения и сушки на диаграмме.</li></ol>	
Зав. кафедрой ОАХП	Е.Р. Мошев

## Приложение Б - Критерии оценки ситуационных заданий, проверки умений и владений

**Оценка «отлично» ставится, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.**

**Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.**

**Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.**

**Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.**