

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
 ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

УТВЕРЖДАЮ  
 Первый проректор, проректор по учебной  
 работе

\_\_\_\_\_ А. Е. Рудин  
 «30» 06 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Б1.В.09</b>	<b>Процессы и аппараты химической технологии</b>
<i>(Индекс дисциплины)</i>	<i>(Наименование дисциплины)</i>
Кафедра: <b>18</b>	Инженерной химии и промышленной экологии
<i>Код</i>	<i>Наименование кафедры</i>
Направление подготовки: <b>18.03.01 «Химическая технология»</b>	
Профиль подготовки: <b>Химическая, био- и нанотехнологии волокнистых материалов</b>	
Уровень образования: <b>бакалавриат</b>	

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>360</b>	<b>360</b>	
	Аудиторные занятия	<b>136</b>	<b>102</b>	
	Лекции	68	34	
	Лабораторные занятия	51	51	
	Практические занятия	17	17	
	Самостоятельная работа	134	186	
	Промежуточная аттестация	<b>90</b>	<b>72</b>	
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	5,6	6,7	
	Зачет			
	Контрольная работа			
	Курсовой проект	6	8	
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Очная					<b>4</b>	<b>6</b>						
Очно-заочная						<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>				
Заочная												

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по соответствующему направлению подготовки (специальности)

и на основании учебного плана № 1/1/823

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области процессов и аппаратов химической технологии, позволяющие применять знания, умения, навыки и личные качества для успешной работы в отрасли.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть основные процессы и аппараты химической технологии.
- Рассмотреть принципы моделирования химико-технологических процессов.
- Показать особенности процессов химической технологии.
- Рассмотреть конструкции аппаратов и методы их расчетов.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК- 1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.	Второй
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные законы естественнонаучных дисциплин, знание которых необходимо при решении задач в процессах химической технологии. Уметь: 1) использовать законы естественнонаучных дисциплин применительно к процессам и аппаратам химической технологии. Владеть: 1) Владеть: навыками использования естественнонаучных законов в химической технологии		
ПК- 19	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципа работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.	Второй
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные физические теории для решения задач в процессах химической технологии. Уметь: 1) применять физические теории для решения практических задач в области процессов и аппаратов химической технологии Владеть: 1) навыками применения физических теорий для понимания принципов работы аппаратов при проведении химико-технологических процессов		

## 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Математика - ОПК-1.
- Механика - ОПК-1.
- Общая и неорганическая химия - ОПК-1.

- Аналитическая химия и физико-химические методы анализа - ОПК-1.
- Коллоидная химия - ОПК-1.
- Органическая химия - ОПК-1.
- Физика - ПК-19.
- Электротехника и электроника - ПК-19.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Гидравлика</b>			
Тема 1. Введение. Предмет дисциплины и его задачи. Классификация процессов химической технологии.	2	2	
Тема 2. Основы теории переноса. Жидкость. Определение. Свойства жидкости.	8	8	
Тема 3. Гидростатика. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики.	7	6	
Тема 4. Уравнения движения жидкости.	8	9	
Тема 5. Физическое моделирование химико-технологических процессов	4	5	
<b>Текущий контроль 1. Коллоквиум</b>	2	2	
<b>Учебный модуль 2. Гидравлические процессы</b>			
Тема 6. Течение жидкости через зернистый слой. Гидродинамика взвешенного слоя.	8	8	
Тема 7.Классификация насосов. Основные параметры работы. Устройство и принцип действия центробежного и объемных насосов	14	15	
Тема 8.Сжатие и перемещение газов. Основные закономерности сжатия газов. Устройство и принцип действия	9	9	
<b>Текущий контроль 2. Коллоквиум.</b>	2	2	
<b>Учебный модуль 3. Гидромеханические процессы.</b>			
Тема 9. Классификация неоднородных систем и способы их разделения. Процесс отстаивания. Конструкции отстойников.	7	10	
Тема 10. Процесс фильтрования. Конструкции фильтров.	7	10	
Тема 11. Процесс центрифугирования. Конструкции центрифуг.	6	6	
Тема 12. Очистка газов от твёрдых и жидких частиц. Конструкции пылеуловителей.	7	7	
Тема 13.Перемешивание. Мощность, потребляемая мешалкой. Конструкции мешалок.	6	7	
<b>Текущий контроль 3. Коллоквиум.</b>	2	2	
<b>Текущий контроль Контрольная работа</b>			
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен.</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	
<b>Учебный модуль 4.Основы теплопередачи.</b>			
<b>Тема 14.</b> Основные понятия. Способы переноса теплоты. Теплопроводность. Уравнения теплопроводности.	6	6	
Тема 15. Конвективная теплоотдача. Механизм переноса теплоты. Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие.	6	6	
Тема 16. Основное уравнение теплопередачи. Средняя разность температур.	9	7	
<b>Текущий контроль 4. Коллоквиум.</b>	2	2	
<b>Учебный модуль 5. Процессы нагревания и выпаривания</b>			
Тема 17. .Промышленные теплоносители. Процессы нагревания, охлаждения, конденсации. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов.	6	8	
Тема 18. Процессы выпаривания. Уравнения материальных тепловых балансов одно- и многокорпусной установок.	5	8	
Тема 19. Температурные потери при выпаривании. Полезная разность температур и её распределение по корпусам. Устройство выпарных аппаратов. Расчёт выпарных установок.	10	11	
<b>Текущий контроль 5. Коллоквиум.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>Учебный модуль 6. Основы массопередачи.</b>			
Тема 20. Основы массопередачи. Общие положения. Уравнения массоотдачи и	6	6	

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
массопередачи. Подобие диффузионных процессов.			
Тема 21. Абсорбция. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии. Выбор абсорбента. Конструкции и расчёт абсорберов.	9	11	
Тема 22. Ректификация и перегонка. Фазовое равновесие жидкость-пар. Уравнения рабочих линий для верхней и нижней частей колонны. Конструкции и расчет ректификационных колонн.	8	9	
Тема 23. Экстракция из растворов. Равновесии в системах жидкость-жидкость. Расчёт процесса экстракции. Конструкции экстракторов.	10	9	
Тема 24. Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Конструкции и расчёт адсорберов периодического и непрерывного действия.	8	9	
Тема 25. Процессы сушки. Классификация. Диаграмма состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы процесса сушки. Расчёт процесса сушки. Конструкции сушилок.	10	10	
Тема 26. Новейшие достижения в области процессов и аппаратов. Заключение.	2	2	
<b>Текущий контроль 6. Коллоквиум.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>Текущий контроль. Контрольная работа</b>			
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен.</b>		<b>36</b>	
<b>Учебный модуль 7.Проектирование установок.</b>			
Тема 27. Насосная установка.	6	7	
Тема 28. Выпарная установка.	7	7	
Тема 29. Установка непрерывной ректификации.	7	7	
Тема 30. Абсорбционная установка.	6	7	
Тема 31. Адсорбционная установка.	6	7	
Тема 32. Сушильная установка.	6	5	
<b>Текущий контроль 7. Коллоквиум.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен</b>	<b>45</b>		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине – курсовой проект</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	
<b>ВСЕГО:</b>	<b>360</b>	<b>360</b>	

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1 Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	5	2	6	1		
2	5	2	6	1		
3	5	2	6	1		
4	5	4	6	2		
5	5	2	6	1		
6	5	2	6	1		
7	5	4	6	2		
8	5	2	6	1		
9	5	2	6	1		
10	5	4	6	2		
11	5	2	6	1		
12	5	4	6	2		
13	5	2	6	1		
14	6	2	7	1		
15	6	2	7	1		
16	6	4	7	2		
17	6	2	7	1		
18	6	4	7	2		
19	6	2	7	1		

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
20	6	2	7	1		
21	6	2	7	1		
22	6		7	2		
23	6	2	7	1		
24	6	2	7	1		
25	6	2	7	2		
26	6	2	7	1		
27-29	6	2				
30-32	6	2				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>68</b>		<b>34</b>		

### 3.2 Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
17	Расчет насосной установки	6	3				
17	Расчет кожухотрубчатого теплообменника	6	5				
19	Расчет выпарной установки	6	5				
22	Расчет ректификационной колонны	6	2				
25	Расчет конвективной сушилки	6	2				
27-29	Расчеты массообменных установок с подвижной границей раздела фаз			8	10		
30-32	Расчеты массообменных установок с твердой границей раздела фаз			8	7		
<b>ВСЕГО:</b>			<b>17</b>		<b>17</b>		

### 3.3 Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	Определение силы гидростатического давления	5	2	6	2		
3	Определение вязкости технологических растворов.	5	4	6	4		
4	Определение режима течения жидкости.	5	2	6	2		
4	Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений и трения.	5	4	6	4		
6	Изучение гидродинамики кипящего слоя.	5	4	6	4		
7	Испытание центробежного насоса.	5	6	6	6		
7	Испытание шестерённого насоса.	5	6	6	6		
10	Экспериментальное определение констант фильтрования.	5	6	6	6		
16	Изучение процесса теплопередачи.	6	4	7	4		
19	Определение температурной депрессии технологических растворов.	6	2	7	2		
22	Изучение процесса	6	2	7	2		

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	ректификации бинарных смесей						
23	Изучение процесса экстракции.	6	2	7	2		
25	Изучение процесса сушки в кипящем слое	6	3	7	3		
25	Изучение процесса конвективной сушки материалов	6	4	7	4		
<b>ВСЕГО:</b>			<b>51</b>		<b>51</b>		

#### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- 4.1 Цель курсового проектирования - привитие студентам навыков самостоятельной работы по решению комплексной инженерной задачи, а также по составлению технической документации. Эти навыки необходимы в предстоящей практической деятельности по специальности. Задачей курсового проектирования является углубление и закрепление знаний по теоретической и лабораторным частям курса «Процессы и аппараты химической технологии» и более глубокому осмыслению сведений, полученных на учебных практиках.
- 4.2 Темой курсового проекта является расчет тепло- или массообменной промышленной установки, включающей кроме основного аппарата вспомогательное оборудование (теплообменники, насосы, компрессорные машины и т. д.) и выбор на основе этих расчетов стандартных аппаратов.
- 4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсового проекта.  
Результаты представляются в виде расчетно-пояснительной записки объемом  $\approx 20$  страниц, содержащей следующие разделы: введение, описание установки, расчеты основного и вспомогательного оборудования, заключение и список использованных источников, и графической части, состоящей из принципиальной технологической схемы установки и чертежа общего вида основного аппарата, включая разрезы, сечения и отдельные узлы. Работа выполняется самостоятельно с использованием справочной и методической литературы и ЭВМ.

#### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	<i>Коллоквиум</i>	5	3	6	2		
4,5,6,	<i>Коллоквиум</i>	6	3	7	2		
7	<i>Коллоквиум</i>	6	1	8	1		
1-6	<i>Контрольная работа</i>						

#### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	5	13	6	24		
	6	36	7	35		
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям	5	18	6	33		
	6	37	7	39		
			8	25		
Выполнение домашних заданий						
Выполнение курсового проекта	6	30	8	30		
Подготовка к экзаменам	5	45	6	36		
	6	45	7	36		
<b>ВСЕГО:</b>			<b>224</b>	<b>258</b>		

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Индивидуальный опрос и обсуждение трудных разделов.	8	9	
Практические и семинарские занятия	Решение прикладных задач и обсуждение результатов.	17	8	
Лабораторные занятия	Проведение учебного эксперимента на лабораторном стенде	34	17	
<b>ВСЕГО:</b>		59	34	

### 7.2. Балльно-рейтинговая система оценивания успеваемости и достижений обучающихся

#### Перечень и параметры оценивания видов деятельности обучающегося

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
1	Аудиторная активность: посещение лекций практических и лабораторных занятий, прохождение текущей аттестации	60	<u>5 семестр</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 балла за посещение каждой лекции (всего 17 лекций в семестре), максимум 34 балла;</li> <li>1 балл за каждую своевременно выполненную лабораторную работу (всего 8 работ в семестре), максимум 8 баллов;</li> <li>до 5 баллов за каждую выполненную и успешно защищенную лабораторную работу (всего 8 работ в семестре), максимум 40 баллов;</li> <li>до 9 баллов за каждый успешно пройденный текущий контроль (всего 2 коллоквиума в семестре), максимум 18 баллов.</li> </ul>
		30	<u>6 семестр</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 балла за посещение каждой лекции (всего 17 лекций в семестре), максимум 34 балла;</li> <li>1 балл за каждую своевременно выполненную лабораторную работу (всего 6 работ в семестре), максимум 6 баллов;</li> <li>до 4 баллов за каждую выполненную и успешно защищенную лабораторную работу (всего 6 работ в семестре), максимум 24 баллов;</li> <li>до 4 баллов за выполненное практическое задание (всего 4 задания), максимум 16 баллов;</li> <li>до 7 баллов за каждый успешно пройденный текущий контроль (всего 3 коллоквиума в семестре), максимум 20 баллов.</li> </ul>
2	Выполнение курсового проекта	30	<u>6 семестр</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>20 баллов за правильность оформления пояснительной записки по ГОСТ 7.32-2001, максимум 20 баллов;</li> <li>50 баллов за правильность и полноту решения задач индивидуального задания на курсовую работу, максимум 50 баллов;</li> <li>30 баллов за корректные ответы на вопросы при защите курсовой работы, максимум 30 баллов.</li> </ul>
3	Сдача экзамена	40	Ответ на теоретический вопрос 25 баллов (полнота,



№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
			владение терминологией, затраченное время, всего <b>2</b> вопроса) – максимум <b>50</b> баллов; Решение практического задания – до 50 баллов за задание, максимум <b>50</b> баллов.
	<b>Итого (%):</b>	100	

### Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале	
86 - 100	5 (отлично)	Зачтено
75 – 85	4 (хорошо)	
61 – 74		
51 - 60		
40 – 50	3 (удовлетворительно)	Не зачтено
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	
1 – 16		
0		

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Багров И. В. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. Пособие / И. В. Багров, Э. Н. Чулкова, В. Д. Шаханов. – СПб.: СПГУПТД, 2013. -240 с. Гриф УМО. – ISBN 978-5-7937-0881-4 (Фундаментальная библиотека СПбГУПТД, 35 экз.).

2. Багров, И. В. Курсовое проектирование по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»; [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И. В. Багров, В. Д. Шаханов, Э. Н. Чулкова. – СПб.СПГУПТД,2012-115с.–ISBN987-5-7937-0657-1.- Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_ext\\_inf\\_publish.php?id=1136](http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1136), по паролю.

3. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010.— 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22539>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Иваненко И.И. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иваненко И.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 150 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18992.html>.— ЭБС «IPRbooks»

#### б) дополнительная учебная литература

1. Багров, И. В. Расчет гидромеханических процессов; [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И. В. Багров, В. Д. Шаханов. – СПб.: ИПЦ СПГУПТД,2010. – 96 с. Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_ext\\_inf\\_publish.php?id=643](http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=643) , по паролю.

### 2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Спицкий С. В. Эффективная аудиторная и самостоятельная работа обучающихся: методические указания / С. В. Спицкий. – СПб.: СПГУПТД, 2015. – Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_ext\\_inf\\_publish.php?id=2015811](http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2015811) , по паролю.

2. Караулова, И. Б. Организация самостоятельной работы обучающихся / И. Б. Караулова, Г. И. Мелешкова, Г. А. Новоселов. – СПб.: СПГУПТД, 2014. – 26 с. – Режим доступа [http://publish.sutd.ru/tp\\_ext\\_inf\\_publish.php?id=2014550](http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2014550) , по паролю.

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>

2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

#### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Windows 10
2. OfficeStd 2016 RUS OLP NL Acdmc

#### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лаборатория по процессам и аппаратам химической технологии оснащена установками:

- Определение силы гидростатического давления.
- Определение силы гидростатического давления.
- Экспериментальное определение гидравлических сопротивлений в трубопроводе.
- Испытание центробежного насоса.
- Изучение гидродинамики взвешенного слоя.
- Экспериментальное определение констант фильтрования.
- Изучение процесса теплопередачи.
- Определение температурной депрессии водно-солевых растворов.
- Изучение процессы ректификации бинарных растворов.
- Изучение процесса конвективной сушки материалов.
- Изучение процесса однократной экстракции.

#### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. На лекциях излагается основное содержание дисциплины, иллюстрируемое конкретными примерами, широко используется зарубежный и отечественный опыт в области техники и технологии защиты окружающей среды.
Практические занятия	На практических занятиях обучающиеся овладевают навыками расчётов аппаратов, поиска, выбора и анализа необходимой информации.
Лабораторные занятия	Лабораторные задания способствуют развитию практических навыков обслуживания модельных технологических установок и образцов реально действующего оборудования.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа позволяет расширить и закрепить знания, умения и навыки, усвоенные на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации; а также подготовки к контрольным работам и экзамену.

### 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

##### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-1/второй этап	Формулирует основы гидравлики, гидромеханики неоднородных систем, массопередачи, сорбции, экстракции, теплопередачи и др., базирующиеся на основных законах естественнонаучных дисциплин.	Устное собеседование	Вопросы для устного собеседования (16 вопросов)
	Применяет законы естественнонаучных дисциплин для типовых процессов химической	Практическое задание	Перечень практических

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	технологии (тепловых, диффузионных, ионообменных, мембранных и др.) Анализирует возможности применения выбранного типового процесса и аппаратов для решения конкретной технологической задачи, используя законы естественнонаучных дисциплин		заданий (6 типовых заданий)
ПК-19/второй этап	Характеризует процессы химической технологии с учетом физических закономерностей	Вопросы для устного собеседования	Вопросы для устного собеседования (30 вопросов)
	Обосновывает выбор процессов и их Аппаратурное оформление, используя знания физических теорий.	Практическое задание	Перечень практических заданий (6 типовых заданий)
	Выбирает типовые аппараты, выполняет расчеты, исходя из принципов наиболее эффективного достижения целевого технологического эффекта, составляет технологическую схему.	Курсовой проект	Перечень тем курсового проекта (10 тем)

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
		Устное собеседование	Курсовой проект
86 - 100	5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. <b>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b>	Обучающийся всесторонне и глубоко разработал тему на основе широкого круга источников технической литературы и нормативно-технической документации, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы, применил разнообразные методы решения, в том числе сверх оговоренных в задании; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта не допущены погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов.
75 – 85	4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Индивидуальное задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами. <b>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b>	Обучающийся в полном объеме выполнил задание на курсовой проект, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов.
61 – 74		Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы. <b>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b>	Обучающийся в полном объеме выполнил задание на курсовой проект, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов, допущены нарушения или небрежность в

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
		Устное собеседование	Курсовой проект
51 - 60	3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.</p> <p><b>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b></p>	<p>оформлении пояснительной записки</p> <p>Обучающийся в целом выполнил задание курсового проекта, но проявил недостаточную самостоятельность, и потребовалась существенная помощь преподавателя; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения).</p>
40 – 50		<p>Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.</p> <p><b>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b></p>	<p>Обучающийся в целом выполнил задание курсового проекта, но проявил недостаточную самостоятельность, и потребовалась существенная помощь преподавателя; пояснительная записка оформлена небрежно.</p>
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p> <p><b>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b></p>	<p>Обучающимся представлен частично выполненный курсовой проект.</p>
1 – 16		<p>Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Содержание работы полностью не соответствует заданию.</p> <p><b>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b></p>	<p>Обучающимся представлен частично выполненный курсовой проект, при этом имеются грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы.</p>
0		<p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p> <p><b>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</b></p>	<p>Задание курсового проекта не выполнено, пояснительная записка не представлена</p>

#### Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале	
86 - 100	5 (отлично)	Зачтено
75 – 85	4 (хорошо)	

61 – 74	3 (удовлетворительно)	Не зачтено
51 - 60		
40 – 50		
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено
1 – 16		
0		

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов (тестовых заданий), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Жидкость. Определение. Свойства жидкости.	2
2	Гидростатическое давление. Определение. Свойства.	3
3	Основное уравнения гидростатики. Сила давления на плоскую стенку.	3
4	Дифференциальные уравнения движения жидкости.	4
5	Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Энергетический смысл	4
6	Основы моделирования и теории подобия. Критерии гидродинамического подобия.	5
7	Потери энергии по длине и в местных гидравлических сопротивлениях.	4
8	Гидравлический расчет трубопровода. Характеристика трубопровода.	4
9	Основные параметры работы насосов.	7
10	Центробежный насос. Конструкция, принцип действия.	7
11	Характеристика центробежного насоса. Расчёт и выбор насоса.	7
12	Объёмные насосы. Классификация. Неравномерность подачи. Способы выравнивания подачи.	7
13	Характеристика объёмного насоса.	7
14	Шестеренный насос. Принцип действия. Параметры работы насоса. Расчёт .	7
15	Пластинчатый насос. Принцип действия. Параметры работы насоса. Расчёт.	7
16	Перемещение и сжатие газов. Классификация компрессорных машин. Процессы сжатия газов. Мощность, затрачиваемая на сжатие газов.	8
17	Многоступенчатый компрессор. Назначение. Принцип действия.	8
18	Водокольцевой компрессор. Устройство, принцип действия.	8
19	Классификация неоднородных смесей и способы их разделения.	9
20	Осаждение частиц под действием силы тяжести. Скорость осаждения частиц.	9
21	Влияние формы частицы и стесненного осаждения на скорость движения частиц.	9
22	Отстойник непрерывного действия. Расчёт отстойника.	9
23	Фильтрация. Движущая сила процесса. Скорость фильтрования.	10
24	Основное уравнение фильтрования при постоянном перепаде давления. Константы фильтрования K и C.	10
25	Рамный фильтр-пресс. Устройство, принцип действия.	10
26	Барабанный вакуум-фильтр. Устройство, принцип действия.	10
27	Ленточный вакуум-фильтр. Устройство, принцип действия.	10
28	Центрифугирование. Фактор разделения. Индекс производительности. Производительность центрифуги. Расчёт.	11
29	Центрифуга с пульсирующим поршнем для выгрузки осадка. Конструкция, принцип действия.	11
30	Центрифуга со шнеком для выгрузки осадка. Конструкция, принцип действия.	11
31	Очистка газов от твёрдых и жидких частиц. Конструкции пылеуловителей.	12
32	Перемешивание. Классификация способов перемешивания. Мощность, затрачиваемая на механическое перемешивание.	13
33	Способы переноса теплоты. Теплопроводность. Теплоотдача. Тепловое излучение.	14
34	Передача теплоты теплопроводностью. Уравнения теплопроводности через плоскую стенку. Коэффициент теплопроводности.	14
35	Уравнение теплопроводности через многослойную стенку. Термическое сопротивление стенки	14
36	Конвективная теплоотдача. Механизм переноса теплоты. Уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.	15
37	Тепловое подобие. Критерии теплового подобия.	15
38	Уравнение теплопередачи при постоянных температурах теплоносителей.	
39	Уравнение теплопередачи при переменных температурах. Средняя разность температур при прямотоке.	16
40	Уравнение теплопередачи при переменных температурах. Средняя разность температур при противотоке.	16
41	Кожухотрубчатый теплообменник. Устройство. Расчёт.	17
42	Спиральный теплообменник. Спиральный теплообменник. Особенности конструкции. Расчёт.	17
43	Барометрический конденсатор. Расчёт теплообменника.	17
44	Выпаривание. Материальные балансы одно- и многокорпусной выпарных установок.	18

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
45	Тепловой баланс однокорпусной выпарной установки. Расход греющего пара на выпаривание.	18
46	Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки. Расход теплоты по корпусам.	18
47	Температурные потери при выпаривании. Общая и полезная разность температур	19
48	Распределение полезной разности температур при условии равной поверхности теплопередачи по корпусам выпарной установки.	19
49	Распределение полезной разности температур при условии минимальной суммарной поверхности теплопередачи по корпусам выпарной установки.	19
50	Выпарной аппарат с выносной циркуляционной трубой	19
51	Выпарной аппарат с выносной греющей камерой.	19
52	Массопередача. Фазовое равновесие. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии.	20
53	Перенос вещества в фазе. Молекулярная и турбулентная диффузия.	20
54	Массоотдача. Модель пограничного диффузионного слоя. Уравнение массоотдачи.	20
55	Диффузионные критерии подобия. Определение коэффициента массоотдачи.	20
56	Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи.	20
57	Средняя движущая сила процесса массопередачи. Число единиц переноса. Высота единиц переноса.	20
58	Абсорбция. Равновесие газ – жидкость. Материальный баланс. Уравнение рабочей	21
59	Насадочный абсорбер. Режимы работы абсорбера.	21
60	Абсорбер с ситчатыми и провальными тарелками.	21
61	Абсорбер с колпачковыми тарелками.	21
62	Конструкция абсорбера с клапанными тарелками.	21
63	Равновесие жидкость – пар в идеальных и реальных системах. Диаграммы фазового равновесия.	22
64	Ректификация. Материальный баланс ректификационной колонны.	22
65	Уравнения рабочих линий для верхней и нижней частей ректификационной колонны.	22
66	Минимальное и рабочее флегмовые числа. Влияние флегмового числа на диаметр и высоту ректификационной колонны	22
67	Графическое определение числа теоретических ступеней изменения концентраций (теоретических тарелок).	22
68	Установка перегонки с дефлегмацией.	22
69	Ректификационная установка непрерывного действия.	22
70	Экстракция в системе жидкость-жидкость. Основные понятия и определения.	23
71	Фазовое равновесие жидкость-жидкость в тройной системе.	23
72	Однократная и многоступенчатая экстракция. Расчет однократной экстракции.	23
73	Распылительный колонный экстрактор. Устройство.	23
74	Экстрактор с ситчатыми тарелками. Устройство. Принцип действия.	23
75	Пульсационный колонный экстрактор. Устройство. Принцип действия.	23
76	Адсорбция. Изотерма адсорбции. Промышленные адсорбенты.	24
77	Стадии процесса адсорбции. Расход пара на десорбцию	24
78	Вертикальный адсорбер с неподвижным слоем адсорбента.	24
79	Адсорбер с кольцевым слоем адсорбента.	24
80	Адсорбер непрерывного действия с кипящим слоем адсорбента.	24
81	Классификация процессов сушки. Материальные балансы по материалу и влажному воздуху. Расход воздуха на сушку.	25
82	Тепловой баланс сушилки. Расход теплоты в калорифере.	25
83	Диаграмма состояния влажного воздуха. Параметры влажного воздуха.	25
84	Построение процесса сушки в однокамерной сушилке в I-x диаграмме. Расход воздуха и теплоты.	25
85	Построение процесса сушки с промежуточным подогревом воздуха (многозонная сушка). Сравнение с однокамерной сушилкой.	25
86	Виды связи влаги с материалом. Влияние на скорость сушки.	25
87	Кинетика процесса сушки. Кривые сушки и скорости сушки.	25
88	Устройство и принцип действия ленточной сушилки.	25
89	Устройство и принцип действия туннельной сушилки.	25
90	Устройство и принцип действия однокамерной сушилки с кипящим слоем.	25
91	Устройство и принцип действия двухкамерной сушилки с кипящим слоем.	24

**10.2.2. Перечень тем докладов (рефератов, эссе, пр.), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**  
Не предусмотрены.

**Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	Во сколько раз необходимо уменьшить длину трубопровода, чтобы потеря напора на	В 49,13

	трение оставалась постоянной при снижении температура воды с 90 °С до 10 °С. Режим течения ламинарный.	раза
2	Определить расход воды в трубопроводе длиной 100 м и диаметром 73х1,5 мм. Потеря на трение – 5 м. Коэффициент трения зависит только от шероховатости, равной 0,03 мм.	28,2 м <sup>3</sup> /ч
3	Рассчитать коэффициент полезного действия центробежного насоса. Подача насос-180 м <sup>3</sup> /ч. Плотность жидкости - 900 кг/м <sup>3</sup> . Напор насоса – 50 м. Затраченная мощность – 3000 Вт.	0,75
4	Определить максимальный диаметр шарообразной частицы, осаждение которой происходит при ламинарном режиме (Re = 0,2). Температура воды – 15 °С. Плотность частиц – 1650 кг/м <sup>3</sup> .	90 мкм
5	Во сколько раз увеличится производительность подогревателя, если стальные трубы заменить на медные? Коэффициенты теплоотдачи (Вт/м <sup>2</sup> К) $\alpha_1 = 10000$ ; $\alpha_2 = 2000$ . Коэффициент теплопроводности стали – $\lambda = 17$ Вт/(м×К).	В 1,94 раза

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче (экзамена, зачета и / или защите курсовой работы) и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (принято на заседании Ученого совета 31.08.2013г., протокол № 1)

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

\*В случае указания формы «Иная» требуется дать подробное пояснение

**10.3.3. Особенности проведения (экзамена, защиты курсовой работы)**

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 30 минут;
- выполнение практического задания составляет 30 минут.