

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.06.2025 15:39:30  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«\_\_18\_\_» \_\_марта\_\_ 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность программы бакалавриата

**Физическая химия и химия материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		профессор Абиев Р.Ш.

Рабочая программа дисциплины «Химические реакторы» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры  
протокол от «\_05\_» \_\_02\_\_2019 №\_8\_  
Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «\_13\_» марта 2019 №\_9\_

Председатель

А.Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г. Изотова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	6
3. Объем дисциплины.....	6
4. Содержание дисциплины.....	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	7
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	9
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	9
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	10
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	15
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	16

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-1</b> Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	<b>ПК-1.В.12.1</b> Выбор типа химического реактора и методики его расчета, выполнение базового расчета химических реакторов	<b>Знать:</b> основные процессы, протекающие в химических реакторах, их классификацию и методы расчета (ЗН-1); <b>Уметь:</b> выбирать оптимальные конструкции химических реакторов для гомо- и гетерофазных реакций (У-1); <b>Владеть:</b> основами методики расчета химических реакторов (Н-1).
<b>ПК-2</b> Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<b>ПК-2.В.12.1</b> Выбор химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов для проведения научных исследований	<b>Знать:</b> основные принципы выбора химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов при проведении научных исследований (ЗН-2); <b>Уметь:</b> использовать химико-технологическую аппаратуру и измерительные приборы при проведении научных исследований (У-2); <b>Владеть:</b> базовыми навыками использования современной химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов при проведении научных исследований (Н-2).

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-6</b> Способен использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач</p>	<p><b>ПК-6.В.12.1</b> Расчет материальных и энергетических потоков, основных гидромеханических, тепло- и массообменных характеристик химических реакторов.</p>	<p><b>Знать:</b> фундаментальные химические понятия в области процессов и аппаратов при решении конкретных производственных задач (ЗН-3); <b>Уметь:</b> рассчитывать материальные и энергетические потоки, основные параметры химических реакторов (У-3); <b>Владеть:</b> методами оценки основных технологических параметров химических реакторов (Н-3).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Химические реакторы» (Б1.В.12) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы научных исследований», «Общая химическая технология». Полученные в процессе изучения дисциплины «Химические реакторы» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Микро- и нанореакторные технологии», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/ 144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>90</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	18
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>54</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Гидромеханические процессы в химических реакторах.	20	10	6	18	ПК-1 ПК-2 ПК-6	ПК-1.В.12.1 ПК-2.В.12.1 ПК-6.В.12.1
2.	Основы теплопереноса в химических реакторах.	8	4	6	18	ПК-1 ПК-2 ПК-6	ПК-1.В.12.1 ПК-2.В.12.1 ПК-6.В.12.1
3.	Основы массопереноса в химических реакторах.	8	4	6	18	ПК-1 ПК-2 ПК-6	ПК-1.В.12.1 ПК-2.В.12.1 ПК-6.В.12.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение. Классификация химических реакторов. Примеры аппаратов для проведения гомофазных и гетерофазных реакций. Макрокинетика химических реакций. Влияние гидродинамики на тепломассоперенос и кажущуюся кинетику реакций.	2	ПЛ
1	Гидромеханические процессы в химических реакторах. Уравнение гидростатики. Давление жидкости на плоские и криволинейные стенки.	2	ПЛ
1	Уравнение неразрывности. Уравнение Навье-Стокса. Некоторые точные решения: течение в плоском канале; течение в цилиндрическом канале.	2	ПЛ
1	Уравнение Бернулли. Местные гидравлические сопротивления. Истечение жидкости через отверстия и насадки.	2	ПЛ
1	Потери по длине трубопроводов. Примеры решения уравнения Бернулли (три типа задач). Диаграмма Никурадзе.	2	ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Опыт Рейнольдса. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Числа подобия. Методы описания турбулентности.	2	ПЛ
1	Кинетика гомогенных реакций. Скорость реакции. Основные показатели эффективности химических реакций. Степень превращения. Выход. Селективность.	2	ПЛ
1	Время пребывания. Распределение времени пребывания. Перемешивание в химических реакторах. Характеристики качества перемешивания. Тестовые реакции.	2	ПЛ
1	Гетерогенные химические процессы. Некаталитические химические процессы в системах газ-твердое и жидкость-твердое. Понятие о лимитирующей стадии процесса.	2	ПЛ
1	Некаталитические химические процессы в системах газ-жидкость и жидкость-жидкость.	2	ПЛ
2	Теплопроводность. Удельные тепловые потоки. Уравнение Фурье. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Уравнение нестационарной теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.	2	ПЛ
2	Первая, вторая и третья краевая задачи теплообмена. Числа Нуссельта и Био. Конвективный теплоперенос. Теплопередача и теплообмен. Уравнение Ньютона-Рихмана.	2	ПЛ
2	Теплоотдача при продольном и поперечном обтекании труб. Теплоотдача при кипении и конденсации. Особенности теплообмена в реакторах с перемешивающими устройствами. Способы интенсификации теплопередачи в химических реакторах.	2	ПЛ
2	Реакторы периодического и непрерывного действия. Трубчатые реакторы. Температурные профили в трубчатых реакторах. Способы повышения равномерности температуры в трубчатых реакторах.	2	ПЛ
3	Классификация массообменных процессов. Виды массопереноса. Уравнение Фика. Диффузионный и конвективный механизмы переноса.	2	ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	Уравнение массопередачи. Процессы абсорбции, жидкостной экстракции, растворения и выщелачивания.	2	ПЛ
3	Массоперенос, осложненный химической реакцией. Диффузионный, кинетический и диффузионно-кинетический режимы работы реактора.	2	ПЛ
3	Газожидкостные реакторы. Размер пузырей. Удельная поверхность контакта фаз. Коэффициент массоотдачи.	2	ПЛ

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	Расчет ламинарного течения (решение уравнений неразрывности и Навье-Стокса).	2	МК
1	Расчет трубопроводной системы питания химического реактора.	2	МК
1	Материальный и тепловой баланс химического процесса.	2	МК
1	Расчет степени превращения, выхода и селективности (избирательности) процесса. Расчет времени пребывания в химическом реакторе.	2	МК
1	Расчет характеристик перемешивания в реакторе с мешалкой.	2	МК
2	Расчет теплового эффекта и теплопередачи в химическом реакторе с перемешивающим устройством.	2	МК
2	Расчет теплового эффекта и теплопередачи в химическом реакторе трубчатого типа.	2	МК
3	Расчет массопередачи в барботажном абсорбере	2	МК
3	Расчет реактора для эмульсионной полимеризации	2	МК

#### 4.3.2. Занятия лабораторного типа.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<u>Гидромеханические процессы в химических реакторах.</u> Определение гидравлических потерь по длине цилиндрической трубы.	3	
1	<u>Гидромеханические процессы в химических реакторах.</u> Определение гидравлических потерь в змеевике и кольцевом канале.	3	
2	<u>Основы теплопереноса в химических реакторах.</u> Моделирование теплопереноса в реакторе с трубчаткой.	6	Компьютерная модель
3	<u>Основы массопереноса в химических реакторах.</u> Определение характеристик массопереноса в реакторе с системой жидкость-газ и/или жидкость-жидкость.	6	Компьютерная модель

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Вторичные течения в трубах и каналах. Вихри Дина. Вихри Тейлора-Куэтта.	6	Устный опрос
1	Принципы действия гидравлических машин для перекачивания жидкостей	6	Устный опрос
1	Принципы действия гидравлических машин для нагнетания газов (компрессоры, вентиляторы).	6	Устный опрос
2	Стационарный кондуктивный теплоперенос через плоские, цилиндрические и сферические стенки.	6	Устный опрос
2	Регулярный режим теплообмена тела с окружающей средой.	6	Устный опрос
2	Теплоперенос излучением. Экранирование.	6	Устный опрос
3	Физико-химические основы процессов экстракции. Экстракторы и основы методики их расчета. Межфазные каталитические реакции.	6	Устный опрос
3	Фазовое равновесие в системе газ-жидкость. Типы газожидкостных реакторов.	6	Устный опрос
3	Пленочные, роторно-пленочные реакторы.	6	Устный опрос

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### **Вариант № 1**

1. Задача: Записать уравнение Бернулли и объяснить его энергетический смысл на конкретном примере. Две емкости соединены трубопроводом, уровень жидкости в питающей емкости ниже, чем в приемной, на  $z$  метров. Известны свойства жидкости, диаметр и длина трубы. Определить необходимый напор насоса при заданной производительности.
2. Способы теплопереноса.
3. Основное уравнение массопередачи и его анализ.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – «зачёт».

Список вопросов к контрольной работе:

1. Классификация химических реакторов.
2. Примеры аппаратов для проведения гомофазных и гетерофазных реакций.
3. Макрокинетика химических реакций.
4. Влияние гидродинамики на тепломассоперенос и кажущуюся кинетику реакций.
5. Гидромеханические процессы в химических реакторах.
6. Уравнение гидростатики.
7. Давление жидкости на плоские и криволинейные стенки.
8. Уравнение неразрывности.
9. Уравнение Навье-Стокса.
10. Некоторые точные решения: течение в плоском канале.
11. Некоторые точные решения: течение в цилиндрическом канале.
12. Уравнение Бернулли.
13. Местные гидравлические сопротивления.
14. Истечение жидкости через отверстия и насадки.
15. Потери по длине трубопроводов.
16. Примеры решения уравнения Бернулли (три типа задач).
17. Диаграмма Никурадзе.
18. Опыт Рейнольдса. Ламинарный и турбулентный режимы течения.
19. Числа подобия.
20. Методы описания турбулентности.
21. Расчет гидравлических потерь по длине цилиндрического канала.
22. Расчет гидравлических потерь в канале кольцевой формы и в змеевике.
23. Кинетика гомогенных реакций. Скорость реакции.
24. Основные показатели эффективности химических реакций. Степень превращения. Выход. Селективность.
25. Время пребывания. Распределение времени пребывания. Перемешивание в химических реакторах. Характеристики качества перемешивания. Тестовые реакции.
26. Гетерогенные химические процессы.
27. Некаталитические химические процессы в системах газ-твердое и жидкость-твердое. Понятие о лимитирующей стадии процесса.
28. Некаталитические химические процессы в системах газ-жидкость и жидкость-жидкость.
29. Теплопроводность. Удельные тепловые потоки. Уравнение Фурье. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Уравнение нестационарной теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.
30. Первая, вторая и третья краевая задачи теплообмена.
31. Числа Нуссельта и Био.
32. Конвективный теплоперенос. Теплопередача и теплообмен. Уравнение Ньютона-Рихмана.
33. Теплоотдача при продольном и поперечном обтекании труб.
34. Теплоотдача при кипении и конденсации.
35. Особенности теплообмена в реакторах с перемешивающими устройствами.
36. Способы интенсификации теплопередачи в химических реакторах.
37. Реакторы периодического и непрерывного действия.
38. Трубчатые реакторы. Температурные профили в трубчатых реакторах.

39. Способы повышения равномерности температуры в трубчатых реакторах.
40. Классификация массообменных процессов.
41. Виды массопереноса.
42. Уравнение Фика.
43. Диффузионный и конвективный механизмы переноса.
44. Уравнение массопередачи. Процессы абсорбции, жидкостной экстракции, растворения и выщелачивания.
45. Массоперенос, осложненный химической реакцией.
46. Диффузионный, кинетический и диффузионно-кинетический режимы работы реактора.
47. Газожидкостные реакторы.
48. Размер пузырей.
49. Удельная поверхность контакта фаз.
50. Коэффициент массоотдачи.

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

### а) печатные издания:

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. - Стер. изд. - [3-е изд.]. - М. : Альянс, 2015. Ч. 1: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - 2015. - 400 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. - Стер. изд. - [3-е изд.]. - М.: Альянс, 2015. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты. - 2015. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 357-358.
3. Романков, П.Г. Массообменные процессы химической технологии : Учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк; под ред. В. Ф. Фролова. - СПб. : Химиздат, 2011. - 438 с.
4. Абиев, Р.Ш. Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса : учебное пособие / Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов, В. Н. Соколов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - СПб. : [б. и.], 2015 - Ч. 1 : Теплообменные аппараты. Примеры и задачи. - 2015. - 96 с.
5. Банных, О.П. Расчет теплообменных аппаратов : методические указания по курсовому проектированию / О. П. Банных, Е. И. Борисова, О. В. Муратов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. процессов и аппаратов. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. - 56 с.
6. Химические реакторы и печи : учебное пособие / В. Н. Соколов [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2014. - 94 с.

### б) электронные учебные издания:

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : В двух книгах : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и спец. / [В. Г. Айнштейн и др.] ; Под ред В. Г. Айнштейна. – 5-е изд. (электронное), - Электрон. Текстовые дан. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. (ЭБС)
2. Абиев, Р. Ш. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Часть 1. Теплообмен. Примеры и задачи : учебное пособие/Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 71 с. (ЭБ)
3. Абиев, Р. Ш. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Часть 2. Теплообмен. Примеры и задачи : учебное пособие/Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 71 с. (ЭБ)
4. Чесноков Ю. Г. Лекции по теплофизике : учебное пособие/ Ю. Г. Чесноков. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 133 с. (ЭБ)
5. Муратов, О. В. Mathcad в расчетах абсорбционных аппаратов : учебное пособие/ О. В. Муратов. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 79 с. (ЭБ)
6. Веригин, А. Н. Теплообменные аппараты : учебное пособие/ А.Н. Веригин, Н.А. Незамаев, М.А. Ратасеп. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2019. 153 с. (ЭБ)
7. Абиев, Р.Ш. Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса : учебное пособие / Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов, В. Н. Соколов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - СПб. : [б. и.], 2015 - Ч. 1 : Теплообменные аппараты. Примеры и задачи. - 2015. - 96 с. (ЭБ)
8. Химические реакторы и печи : учебное пособие / В. Н. Соколов [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2014. - 94 с. (ЭБ)

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Правила работы в химических лабораториях. Техника безопасности

<http://www.himikatus.ru/art/chemop/sod.php>

[http://anl.az/el\\_ru/kniqi/2013/2-815097.pdf](http://anl.az/el_ru/kniqi/2013/2-815097.pdf)

[http://socar.az/1/Eijkl\\_62-66-.pdf](http://socar.az/1/Eijkl_62-66-.pdf)

<http://hpc-nasis.ifmo.ru/learnmodul/4/5/>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Химические реакторы» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия),

MathCAD

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

### **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 16 посадочных мест (по 2 студента на один компьютер).

Для проведения лабораторных занятий используются лаборатории гидравлики и механики неоднородных сред каф. ОХБА.

### **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Химические реакторы»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	промежуточный
ПК-2	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	промежуточный
ПК-6	Способность использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачтено»
<b>ПК-1.В.12.1</b> Выбор типа химического реактора и методики его расчета, выполнение базового расчета химических реакторов	<b>Знает:</b> основные процессы, протекающие в химических реакторах, их классификацию и методы расчета (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-22 к зачету	Способен самостоятельно описать основные процессы, протекающие в химических реакторах, их классификацию и методы расчета, легко ориентируется в терминах.
	<b>Умеет:</b> выбирать оптимальные конструкции химических реакторов для гомо- и гетерофазных реакций (У-1)	Правильные ответы на вопросы №2-5, 21-22 к зачету	Способен самостоятельно сформулировать принципы выбора оптимальных конструкций химических реакторов.
	<b>Владеет:</b> основами методики расчета химических реакторов (Н-1).	Правильные ответы на вопросы №1-22 к зачету	Самостоятельно выполняет оценку основных гидромеханических параметров химических реакторов
<b>ПК-2.В.12.1</b> Выбор химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов для проведения научных исследований	<b>Знает:</b> основные принципы выбора химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов при проведении научных исследований (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №23-39 к зачету	Способен самостоятельно описать принципы выбора химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов, легко ориентируется в терминах.
	<b>Умеет:</b> использовать химико-технологическую аппаратуру и измерительные приборы при проведении научных исследований (У-2)	Правильные ответы на вопросы №24-26, 33-39 к зачету	Способен самостоятельно сформулировать методы расчета химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов
	<b>Владеет:</b> базовыми навыками использования современной химико-технологической аппаратуры и измерительных приборов при проведении научных исследований (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №29-36 к зачету	Самостоятельно выполняет оценку основных тепловых параметров химических реакторов и измерительных приборов

<b>ПК-6.В.12.1</b> Расчет материальных и энергетических потоков, основных гидромеханических, тепло- и массообменных характеристик химических реакторов.	<b>Знает:</b> фундаментальные химические понятия в области процессов и аппаратов при решении конкретных производственных задач (ЗН-3)	Правильные ответы на вопросы №40-50 к зачету	Способен самостоятельно описать принципы действия химических реакторов, легко ориентируется в терминах.
	<b>Умеет:</b> рассчитывать материальные и энергетические потоки, основные параметры химических реакторов (У-3)	Правильные ответы на вопросы №43, 47-50 к зачету	Способен самостоятельно сформулировать задачи расчета химических реакторов.
	<b>Владеет:</b> методами оценки основных технологических параметров химических реакторов (Н-3)	Правильные ответы на вопросы №44-46 к зачету	Самостоятельно выполняет оценку основных технологических параметров химических реакторов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – бинарная («зачтено», «не зачтено»).

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:**

1. Классификация химических реакторов.
2. Примеры аппаратов для проведения гомофазных и гетерофазных реакций.
3. Макрокинетика химических реакций.
4. Влияние гидродинамики на тепломассоперенос и кажущуюся кинетику реакций.
5. Гидромеханические процессы в химических реакторах.
6. Уравнение гидростатики.
7. Давление жидкости на плоские и криволинейные стенки.
8. Уравнение неразрывности.
9. Уравнение Навье-Стокса.
10. Некоторые точные решения: течение в плоском канале.
11. Некоторые точные решения: течение в цилиндрическом канале.
12. Уравнение Бернулли.
13. Местные гидравлические сопротивления.
14. Истечение жидкости через отверстия и насадки.
15. Потери по длине трубопроводов.
16. Примеры решения уравнения Бернулли (три типа задач).
17. Диаграмма Никурадзе.
18. Опыт Рейнольдса. Ламинарный и турбулентный режимы течения.
19. Числа подобия.
20. Методы описания турбулентности.
21. Расчет гидравлических потерь по длине цилиндрического канала.
22. Расчет гидравлических потерь в канале кольцевой формы и в змеевике.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

23. Кинетика гомогенных реакций. Скорость реакции.
24. Основные показатели эффективности химических реакций. Степень превращения. Выход. Селективность.
25. Время пребывания. Распределение времени пребывания. Перемешивание в химических реакторах. Характеристики качества перемешивания. Тестовые реакции.
26. Гетерогенные химические процессы.
27. Некаталитические химические процессы в системах газ-твердое и жидкость-твердое. Понятие о лимитирующей стадии процесса.
28. Некаталитические химические процессы в системах газ-жидкость и жидкость-жидкость.
29. Теплопроводность. Удельные тепловые потоки. Уравнение Фурье. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Уравнение нестационарной теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.
30. Первая, вторая и третья краевая задачи теплообмена.
31. Числа Нуссельта и Био.
32. Конвективный теплоперенос. Теплопередача и теплообмен. Уравнение Ньютона-Рихмана.
33. Теплоотдача при продольном и поперечном обтекании труб.
34. Теплоотдача при кипении и конденсации.
35. Особенности теплообмена в реакторах с перемешивающими устройствами.
36. Способы интенсификации теплопередачи в химических реакторах.
37. Реакторы периодического и непрерывного действия.

38. Трубчатые реакторы. Температурные профили в трубчатых реакторах.
39. Способы повышения равномерности температуры в трубчатых реакторах.

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

40. Классификация массообменных процессов.
41. Виды массопереноса.
42. Уравнение Фика.
43. Диффузионный и конвективный механизмы переноса.
44. Уравнение массопередачи. Процессы абсорбции, жидкостной экстракции, растворения и выщелачивания.
45. Массоперенос, осложненный химической реакцией.
46. Диффузионный, кинетический и диффузионно-кинетический режимы работы реактора.
47. Газожидкостные реакторы.
48. Размер пузырей.
49. Удельная поверхность контакта фаз.
50. Коэффициент массоотдачи.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше, и задачу.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД Порядок проведения зачетов и экзаменов.