

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 05.10.2023 17:23:03  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРАЗОВАНИЯ 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

«24» января 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленности программы бакалавриата

**Технологическое оборудование гидромеханических и тепло-массообменных процессов**

**Технологические машины и роботизированные комплексы для переработки  
полимерных композитов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

**Факультет механический**

**Кафедра процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Константинов В. А.

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»  
обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов  
протокол от « 29 » 12 2021 № 4  
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от « 18 » 01 2022 № 6

Председатель

А. Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		А. Н. Луцко
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М. З. Труханович
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.....	10
4.3.1 Семинары, практические занятия .....	10
4.3.2 Лабораторные работы .....	11
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	12
5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	12
6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	12
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.....	15
12 ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	17

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

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>ОПК-1</b> Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	<b>ОПК-1.6</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление.	<b>Знать:</b> – теоретические основы гидромеханических, теплообменных, массообменных процессов химической технологии (ЗН-1); – аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-2). <b>Уметь:</b> – определять основные характеристики технологического процесса (У-1); <b>Владеть:</b> – навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ОПК-7</b> Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p>	<p><b>ОПК-7.3</b> Способность применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проведении процессов химической технологии.</p>	<p><b>Знать:</b> – методы расчёта сырьевых и энергетических ресурсов необходимых для проведения процессов химической технологии (ЗН-3);</p> <p><b>Уметь:</b> – разрабатывать эффективные технологические схемы проведения процессов (У-2);</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками анализа влияния технологических параметров проведения процессов на использование энергоресурсов (Н-2).</p>

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.30 ) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины: "Физика", "Математика", " Физическая химия".

Полученные в процессе изучения дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе, проектно-технологической практике бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	104
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	52
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	16
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	49
<b>Форма текущего контроля</b>	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	Экзамен (27), зачет, КП

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Гидромеханические процессы	6	-	12	6	ОПК-1, ОПК-7	ОПК-1.6 ОПК-7.3
2	Тепловые процессы. Выпаривание	12	-	24	10	ОПК-1, ОПК-7	ОПК-1.6 ОПК-7.3
3	Массообменные процессы	16	16	-	33	ОПК-1, ОПК-7	ОПК-1.6 ОПК-7.3

### 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Гидромеханические процессы</b> Закон сохранения субстанции. Законы сохранения массы, энергии и количества движения. Вязкость жидкостей, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Режимы течения жидкостей. Основы теории подобия. Критерии подобия. Вывод критериев подобия. Уравнение Навье-Стокса. Формула Гагена-Пуазейля. Основное уравнение гидростатики. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.	6	Слайд-презентация
2	<b>Тепловые процессы</b> Теплопередача. Тепловой баланс. Перенос теплоты: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Уравнение конвективной теплопроводности. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Средняя разность температур. Подobie процессов теплоотдачи. Критериальное уравнение теплоотдачи.	12	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Типовые случаи конвективного теплообмена. Основные конструкции теплообменных аппаратов, их сравнительная характеристика. Основные промышленные теплоносители, их сравнительная характеристика. Расчет теплообменной аппаратуры.</p> <p><b>Выпаривание</b> Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок. Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Выпаривание с термокомпрессией. Классификация и конструкции основных типов выпарных аппаратов.</p>		
3	<p>Основы теории массообменных процессов. Классификация и общая характеристика массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Направление протекания массообменных процессов. Молекулярная и конвективная диффузия. Основное уравнение массопередачи. Уравнение массоотдачи.</p> <p>Материальный баланс и уравнение линии рабочих концентраций. Движущая сила массообменных процессов. Подобие процессов переноса вещества. Расчет массообменных аппаратов.</p> <p><b>Абсорбция</b> Общие сведения о процессе и области его практического применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Схемы абсорбционных установок. Конструкции абсорберов. Расчет абсорберов.</p> <p><b>Ректификация</b> Принцип ректификации. Схемы установок непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций. Флегмовое число. Зависимость размеров колонны (высоты</p>	16	Слайд-презентация



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа. Конструкции ректификационных аппаратов. Расчет ректификационных колонн.</p> <p style="text-align: center;">Сушка.</p> <p>Общие сведения о процессе и области его практического применения. Конвективная сушка. Основные параметры влажного воздуха.</p>		

### 4.3 Занятия семинарского типа

#### 4.3.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Гидравлические процессы. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Гидравлическое сопротивление сети.	2	-
2	Теплопередача и теплоотдача. Расчет теплообменной аппаратуры.	2	-
3	Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбера. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Расчет абсорберов.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	Ректификация. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	Сушка Основные параметры состояния влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха I-x. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Расход сухого воздуха на сушилку.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр

### 4.3.2 Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Гидравлическое сопротивление сети. Экспериментальное определение коэффициентов трения и местного сопротивления.	4	
1	Определение характеристик центробежного вентилятора. Экспериментальное определение характеристик центробежного вентилятора и характеристики сети. Построение рабочей точки и определение параметров работы вентилятора на сеть.	4	
1	Изучение гидравлики взвешенного слоя. Получение экспериментальной зависимости гидравлического сопротивления слоя от фиктивной скорости газа; определение критической скорости газа, среднего диаметра частиц, веса слоя и скорости уноса.	4	
2	Изучение работы компрессионной холодильной установки. Экспериментальное определение холодопроизводительности и холодильного коэффициента.	4	
2	Изучение процесса теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике. Расчет коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи. Вывод уравнения для расчета критерия Нуссельта.	4	
2	Испытание двухкорпусной выпарной установки. Изучение двухкорпусной выпарной установки. Определение коэффициентов теплопередачи в корпусах; определение удельного расхода греющего пара.	6	
3	Изучение процесса сушки в воздушной циркуляционной сушилке. экспериментальное определение зависимости скорости сушки от влагосодержания материала. Определение константы скорости сушки.	6	
3	Исследование процесса сушки во взвешенном слое. Определение основных параметров процесса сушки. Изучение методов расчета непрерывного процесса сушки.	4	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Транспортировка жидкостей и газов. Насосы и вентиляторы и их конструкции. Высота всасывания и нагнетания.	2	Устный опрос
2	Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Продольное и поперечное обтекание.	4	Устный опрос
2	Теплоотдача при конденсации и теплоотдача при кипении.	10	Устный опрос
3	Специальные виды ректификации	13	Устный опрос
3	Теоретическая и реальная сушки. Изображение процесса сушки в диаграмме I-x. Сушильные варианты. Расход воздуха и теплоты на процесс сушки.	20	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, экзамена и защиты курсового проекта.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) следующего вида: вопрос (для проверки знаний и умений).

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

Пример варианта вопросов на зачете:

<b>Вариант № 1</b>
1. Потери давления на трение и местные сопротивления.
2. Устройство выпарных аппаратов.

Экзамен предусматривают 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 экзамена, студент получает билет, состоящий из двух вопросов из перечня вопросов и задачи, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, время решения задачи до 50 мин.

Пример варианта экзаменационного билета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»	
15.03.02 Технологические машины и оборудование Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 3 Семестр 6	
Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»	
Экзаменационный билет № 1	
<b>1. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.</b>	
<b>2. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.</b>	
<b>3. Задача</b>	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор	_____ О.М. Флисюк (подпись, дата)

### **Пример варианта задачи**

В трубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника охлаждается жидкость от температуры  $t_{1н}$  до  $t_{1к}$ . Расход жидкости  $G_1$ . В межтрубное пространство противотоком поступает вода среднего качества, которая нагревается от  $t_{2н}$  до  $t_{2к}$ . Коэффициент теплоотдачи к воде равен  $\alpha_2$ . Средняя температура стенки труб со стороны жидкости  $t_{ст1}$ .

Определить необходимую площадь поверхности теплопередачи теплообменного аппарата и расход охлаждающей воды, если число труб в аппарате  $n$ , а их диаметр  $d$ . Потери теплоты в окружающую среду пренебречь.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе:

- а) для зачёта – оценка «зачёт»
- б) для экзамена – оценка «удовлетворительно».

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

### **а) печатные издания**

1. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»: учебное пособие для вузов / В.Ф. Фролов. — 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2008. — 608 с. — ISBN 978-5-93808-158-1.
2. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2010. — 544 с. — ISBN 978-5-93808-182-6.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум: учебное пособие / О. М. Флисюк, В. Ф. Фролов, О. В. Муратов [и др.]; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2010. - 142 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для химико-технологических спец. вузов / Г.С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. — Стер. изд., [Перепеч. с изд. 1991 г.]. — Москва: Альянс, 2015. — 496 с. — ISBN 978-5-903034-87-1.

### **б) электронные издания**

1. Оборудование для транспортировки жидкостей и газов: учебное пособие / Е. И. Борисова, О. П. Банных, О. Н. Круковский, О. В. Гилевская; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2017. — 27 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 13.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Банных, О. П. Расчет теплообменных аппаратов: методические указания к курсовому проектированию / О. П. Банных, Е. И. Борисова, О. В. Муратов; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2014. — 56 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 13.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 05.12.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

Лань : электронно - библиотечная система : сайт. – Санкт-Петербург, 2016 – . – URL: [https:// e.lanbook.com](https://e.lanbook.com) (дата обращения: 19.02.2018).

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

Все виды занятий по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» 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.

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

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. 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 приходить, 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 2013 sp1 (Microsoft Word, Microsoft Excel);
- Mathcad 14;
- Autodesk AutoCAD 2022.

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

1. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
2. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.

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

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть и 14 лабораторных установок.

## **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 г.



**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ОПК-1</b>	<b>Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</b>	промежуточный
<b>ОПК-7</b>	<b>Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</b>	промежуточный

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

### 2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении зачёта в 5 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)
			«зачет» (пороговый)
<b>ОПК-1.6</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление.	<b>Знает</b> теоретические основы гидромеханических, теплообменных, массообменных процессов химической технологии (ЗН-1).	Ответы на вопросы № 1, 2, 4-7, 11, 12 к зачёту.	Имеет представление об основных законах гидравлики, теплопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.
	<b>Знает</b> аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 21, 25 к зачёту.	Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения теплообменных процессов.
	<b>Умеет</b> определять основные характеристики технологического процесса (У-1).	Ответы на вопросы № 3, 8-10, 13-17, 22, 23 к зачёту.	Имеет представление о характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных.
	<b>Владеет</b> навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).	Ответы на вопросы № 18-20, 24 к зачёту.	Имеет представление о методах расчёта теплообменников и выпарных аппаратов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)
			«зачет» (пороговый)
<b>ОПК-7.3</b> Способность применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проведении процессов химической технологии.	<b>Знает</b> методы расчёта сырьевых и энергетических ресурсов необходимых для проведения процессов химической технологии (ЗН-3);	Ответы на вопросы № 1, 4, 6, 8 к зачёту.	Имеет представление о методах расчёта сырьевых и энергетических ресурсов.
	<b>Умеет</b> разрабатывать эффективные технологические схемы проведения процессов (У-2);	Ответы на вопросы № 2, 3, 7 к зачёту.	Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.
	<b>Владет</b> навыками анализа влияния технологических параметров проведения процессов на использование энергоресурсов (Н-2).	Ответы на вопросы № 5 к зачёту.	Имеет представление о технологических параметрах процессов, влияющих на использование энергоресурсов

## 2.2 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена в 6 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ОПК-1.6</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление.	<b>Знает</b> теоретические основы гидромеханических, теплообменных, массообменных процессов химической технологии (ЗН-1).	Ответы на вопросы № 1, 2, 4, 6, 11, 16, 19, 20 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление об основных законах массопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.	Знает основные уравнения массопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл.	Знает вывод основных уравнений массопередачи. Может сформулировать допущения и условия их применимости.
	<b>Знает</b> аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 12, 14, 17 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения массообменных процессов.	Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения массообменных процессов.	Знает особенности конструкций аппаратов для реализации массообменных процессов. Способен сформулировать требования к конструкции аппаратов.
	<b>Умеет</b> определять основные характеристики технологического процесса (У-1).	Ответы на вопросы № 3, 5, 13, 15, 18, 21 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о характеристиках типовых массообменных процессов.	Может определить основные характеристики массообменных процессов.	Способен выбирать, обосновывать методы расчёта характеристик массообменных процессов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Владеет</b> навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).	Ответы на вопросы № 7-10 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о методах расчёта аппаратов химической технологии.	Выполняет расчеты основных размеров массообменных аппаратов по соответствующим методикам.	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и условия проведения процесса.
<b>ОПК-7.3</b> Способность применять методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проведении процессов химической технологии.	<b>Знает</b> методы расчёта сырьевых и энергетических ресурсов необходимых для проведения процессов химической технологии (ЗН-3);	Ответы на вопросы № 1, 2, 8 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о методах расчёта сырьевых и энергетических ресурсов.	Может выполнять расчёты затрат сырьевых и энергетических ресурсов на проведение массообменных процессов.	Способен выбирать, обосновывать методы расчёта сырьевых и энергетических ресурсов на проведение массообменных процессов.
	<b>Умеет</b> разрабатывать эффективные технологические схемы проведения процессов (У-2);	Ответы на вопросы № 5-7 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о типовых технологических схемах массообменных процессов.	Изображает и дает сравнительную характеристику технологических схем массообменных процессов.	Способен модифицировать технологические схемы массообменных процессов для рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Владеет</b> навыками анализа влияния технологических параметров проведения процессов на использование энергоресурсов (Н-2).	Ответы на вопросы № 3, 4 к экзамену, защита курсового проекта.	Имеет представление о технологических параметрах процессов, влияющих на использование энергоресурсов	Выполняет анализ влияния технологических параметров проведения процессов на использование энергоресурсов	Способен определять оптимальные технологические параметры проведения процессов для рационального использования энергоресурсов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме:

- зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»; Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций;
- экзамена, шкала оценивания – балльная.

### **3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта в 5 семестре**

##### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1**

1. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода.
2. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
4. Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
5. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье-Стокса).
6. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
7. Приложения уравнения Бернулли (трубка Пито-Прандтля, мерная диафрагма).
8. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия.
9. Критерии гидродинамического подобия. Их физический смысл.
10. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе. Местные сопротивления.
11. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
12. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (Уравнение Фурье-Кирхгофа).
13. Критерии теплового подобия. Их физический смысл.
14. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
15. Теплоотдача при конденсации пара и при кипении жидкости. Кризис кипения
16. Основное уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
17. Средняя разность температур в теплообменном аппарате.
18. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
19. Расчет поверхности теплопередачи и расхода охлаждающей воды в кожухотрубном холодильнике для системы ж-ж.
20. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
21. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
22. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
23. Температура кипения раствора. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
24. Расчет площади поверхности теплопередачи выпарного аппарата.
25. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-7**

1. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
2. Выпаривание с термокомпрессией вторичного пара.
3. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
4. Расчет расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
5. Многокорпусное выпаривание. Выбор числа корпусов.
6. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
7. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
8. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.

**3.2 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена в 6 семестре**

**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1**

1. Общая характеристика массообменных процессов. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие.
2. Движущая сила и направление массообменного процесса.
3. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии массообменного процесса.
4. Механизмы переноса вещества. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
5. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Критерии подобия. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
6. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи
7. Методы определения общего числа единиц переноса.
8. Расчет насадочных колонн при линейной равновесной зависимости.
9. Расчет насадочных колонн при криволинейной равновесной зависимости.
10. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
11. Коэффициент обогащения тарелки.
12. Выбор насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
13. Материальный баланс абсорбера. Уравнение рабочей линии.
14. Аппаратурное оформление процесса абсорбции. Сравнительная характеристика абсорберов.
15. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
16. Специальные виды ректификации.
17. Конструкции тарелок ректификационной колонны и их сравнительная характеристика.
18. Основные параметры влажного воздуха и их определение по диаграмме I-x.
19. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме I-x.
20. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.
21. Материальный баланс конвективной сушки. Удельный расход сушильного агента.



**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-7**

1. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Экономически оптимальный расход абсорбента.
2. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды в ректификационной колонне.
3. Ректификация. Теоретически минимальное и рабочее флегмовые числа.
4. Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
5. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
6. Схемы установок азеотропной и экстрактивной ректификации
7. Схема непрерывно действующей абсорбционно-десорбционной установки.
8. Тепловой баланс конвективной сушки. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.

**4 Темы курсовых проектов**

- 4.1 Проектирование вакуум-выпарной установки.
- 4.2 Проектирование ректификационной установки.

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

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

Выполнение курсового проекта по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.





