

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 10.07.2024 12:32:46  
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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ**

Направление подготовки

**19.03.02 Продукты питания из растительного сырья**

Направленность программы бакалавриата

**Биотехнологии пищевых продуктов из растительного сырья**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2023

**Б1.О.14**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент О.П. Банных

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты» обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов  
протокол от « 30» 04 2023 №5  
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «16» 05 2023 № 9

Председатель

А. Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки продукты питания из растительного сырья		М.М. Шамцян
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 .....	5
3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.1 РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ .....	6
4.2 ЗАНЯТИЯ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА.....	6
4.3 ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА.....	9
4.3.1 СЕМИНАРЫ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	9
4.3.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	10
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	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.....	155
11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	15
12 ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	15
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ».....	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-3</b> Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	<b>ОПК-3.1</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы и выбирать их аппаратное оформление.	<b>Знать:</b> – теоретические основы гидромеханических, теплообменных, массообменных процессов (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 (Н-1).

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.О.14) 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" знания, умения и навыки могут быть использованы, в научно-исследовательской работе, проектно-технологической практике специалиста 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)	<b>10/360</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>228</b>
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	136
семинары, практические занятия	68
лабораторные работы	68
курсовое проектирование (КР или КП)	16
КСР	8
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Форма текущего контроля</b>	кр, коллоквиум
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	Экзамен (54), 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	16	16	16	19	ОПК-3	ОПК-3.1
2	Теплообменные процессы.	20	20	20	18	ОПК-3	ОПК-3.1
3	Массообменные процессы	32	32	32	39	ОПК-3	ОПК-3.1

### 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Гидромеханические процессы</b>            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. Приложения уравнения Бернулли.            Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Конструкции насосов, вентиляторов, компрессоров.            Разделение жидких и газовых неоднородных систем. Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем и их экологическое значение.</p>	16	Слайд-презентация
2	<p><b>Теплообменные процессы</b>            Теплопередача. Тепловой баланс. Перенос теплоты: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Уравнение конвективной теплопроводности. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Средняя разность температур.</p>	20	Слайд-презентация

	<p>Подобие процессов теплоотдачи.  Критериальное уравнение теплоотдачи.  Типовые случаи конвективного теплообмена.  Основные конструкции теплообменных аппаратов, их сравнительная характеристика.  Основные промышленные теплоносители, их сравнительная характеристика.  Расчет теплообменной аппаратуры.  Методы проведения выпаривания.  Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок. Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке.  Классификация и конструкции основных типов выпарных аппаратов.</p>		
3	<p><b>Массообменные процессы</b>  Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз: газ (пар - жидкость, жидкость - жидкость).  Законы фазового равновесия. Направление протекания массообменных процессов.  Молекулярная и конвективная диффузия.  Основное уравнение масоопередачи.  Материальный баланс и уравнение линии рабочих концентраций. Движущая сила массообменных процессов  Профиль концентраций в турбулентном потоке. Гидродинамический и диффузионный пограничные слои. Понятие о турбулентной диффузии. Теоретические модели переноса массы. Уравнение массоотдачи.  Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Критериальное уравнение массоотдачи. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции.  Уравнение линии рабочих концентраций.  Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Конструкции абсорберов..  Равновесие в системе пар - жидкость.  Ректификация. Принцип ректификации. Схемы установок периодической и непрерывной ректификации. 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. Экстракция. Общие сведения о процессе и области его практического применения.  Классификация и конструкции экстракционных</p>	32	Слайд-презентация

	<p>аппаратов. Адсорбция. Общие сведения о процессе и области его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Общие сведения о процессе и области его практического применения.</p> <p>Конвективная сушка. Формы связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. Диаграммы состояния влажного воздуха. Кинетические кривые сушки.</p> <p>Конструкции сушилок. Классификация.</p> <p>Контактная сушка. Сушка инфракрасными лучами (радиационная). Сушка токами высокой частоты.</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	<u>Техническая гидравлика.</u> Гидростатика. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Уравнение Бернулли и его приложения. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Мощность насосов и вентиляторов.	16	Слайд-презентация
2	<u>Основы теплопередачи</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов	12	Слайд-презентация
2	<u>Выпаривание.</u> Материальный и тепловой балансы. Теплопередача в выпарных аппаратах.	6	Слайд-презентация
2	<u>Контрольная работа</u> <b>Кр №1</b>	2	
3	<u>Основы массопередачи</u> Массоотдача и массопередача. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила процесса.	8	Слайд-презентация
3	<u>Абсорбция.</u> Материальный баланс. Расчет абсорберов	6	Слайд-презентация
3	<u>Ректификация</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет ректификационных колонн	8	Слайд-презентация
3	<u>Сушка.</u> Конвективная сушка. Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы. Расчет различных вариантов конвективных сушилок.	8	Слайд-презентация
3	<u>Контрольная работа</u> <b>Кр №2</b>	2	

### 4.3.2 Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<u>Определение режимов течения.</u> Экспериментальное определение режима течения жидкости, расчет числа Рейнольдса.	4		
1	<u>Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов</u> Экспериментальное определение коэффициента трения и коэффициентов местных сопротивлений	4		
1	<u>Определение характеристик центробежного вентилятора</u> Экспериментальное определение характеристик вентилятора и характеристики сети, определение параметров рабочей точки.	4		
1	<u>Изучение работы барабанного вакуум-фильтра непрерывного действия.</u> Экспериментальное определение констант фильтрования	4		
1	<u>Определение скорости витания частиц и коэффициента сопротивления циклона</u> Экспериментальное определение скорости витания различных частиц и зависимости коэффициента сопротивления циклона от скорости газа.	4		
1	<u>Изучение гидравлики взвешенного слоя.</u> Экспериментальное определение критической скорости газа и скорости уноса.	4		
2	<u>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике</u> Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи и численных значений коэффициентов в критериальном уравнении.	4		
2	<u>Изучение процесса выпаривания в двухкорпусной вакуум-выпарной установке.</u> Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи выпарного аппарата.	4		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1, 2	<u>Коллоквиум 1</u>	4		
3	<u>Абсорбция.</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в насадочном абсорбере.	4		
3	<u>Ректификация</u> Экспериментальное определение флегмового числа и эффективности тарелки ректификационной колонны.	4		
3	<u>Экстракция.</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в роторно-дисковом экстракторе.	4		
3	<u>Моделирование процесса экстракции на ПК</u> Исследование влияния параметров процесса экстракции на производительность установки.	4		
3	<u>Адсорбция</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в противоточном колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента.	4		
3	<u>Изучение процесса сушки в воздушной циркуляционной сушилке.</u> Экспериментальное определение скорости сушки и констант скорости сушки.	4		
3	<u>Исследование процесса сушки во взвешенном слое.</u> Экспериментальное определение удельного расхода воздуха и тепла в сушилке с взвешенным слоем материала.	4		
3	<u>Моделирование процесса ректификации на ПК</u> Исследование влияния параметров процесса ректификации на составы и расходы продуктов.	2		
3	<u>Коллоквиум 2.</u>	2		

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Транспортировка жидкостей и газов по трубопроводам. Конструкции насосов и вентиляторов.	12	Устный опрос
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения. Конструкции аппаратов для разделения неоднородных систем.	12	Устный опрос
2	Методы интенсификации процессов теплопередачи	10	Устный опрос
2	Промышленные способы нагрева и охлаждения в технологических процессах.	10	Устный опрос
2	Многокорпусное выпаривание.	10	Устный опрос
3	Конструкции абсорберов	12	Устный опрос
3	Конструкции сушилок	12	Устный опрос

#### 4.5 Темы контрольных работ (Кр)

Кр №1 – Расчет теплообменных аппаратов.

Кр № 2 – Ректификация и сушка.

#### 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 экзамена в 5 семестре, и в форме защиты курсового проекта и экзамена в 6 семестре.

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

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)»	
<b>19.03.02 Продукты питания из растительного сырья</b>	
Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 3 Семестр 5	
Дисциплина «Процессы и аппараты»  Экзаменационный билет № 1	
<b>1. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.</b>	
<b>2. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика</b>	
<b>3. Задача</b>	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор	_____ (подпись, дата)
	О.М. Флисюк

### ***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  $d$ . Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Курсовой проект предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и состоит из: пояснительной записки, содержащей выбор и расчет оборудования (демонстрирует знания, умения и навыки), графической части (умения и навыки), защиты студентом своего проекта (для проверки знаний и умений).

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 – 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. Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия: учебное пособие / О.М. Флисюк, В. Ф. Фролов, В. В. Фомин, Е.И. Борисова; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2014. — 47 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 13.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. 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» 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 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 2013 sp1 (Microsoft Word, Microsoft Excel);
- Mathcad 14;
- Autodesk AutoCAD 2016.

### **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 лекций и практических занятий используются аудитории с мультимедийным оборудованием из фонда СПбГТИ(ТУ).

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

## **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 »**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ОПК-3</b>	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов	промежуточный

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

### 2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена в 5 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-3.1:</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы и выбирать их аппаратное оформление.	<b>Знает:</b> – теоретические основы гидромеханических, теплообменных процессов – аппаратное оформление основных технологических процессов	Ответы на вопросы к экзамену 1, 4, 5, 7, 16,18, 19-29, 32, 37, 38, 39, 41-48 защита курсового проекта	Имеет представление об основных законах гидравлики, теплопередачи. Имеет представление об уравнениях материальных и тепловых балансах гидромеханических и теплообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для	Знает основные уравнения гидромеханики и теплопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл. Знает уравнения материальных и тепловых балансов гидромеханических и теплообменных процессов. Даёт пояснение их назначению, может их записать и объяснить физический смысл. Разбирается в принципах действия и конструкциях	Знает вывод уравнений материальных и тепловых балансов гидромеханических и теплообменных процессов. Может сформулировать допущения и условия их применимости. Знает особенности конструкций аппаратов для реализации гидромеханических и теплообменных процессов. Способен сформулировать требования к конструкции аппаратов.

			проведения гидромеханических и теплообменных процессов.	основных аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов	
<b>Умеет:</b> определять основные характеристики технологического процесса	Ответы на вопросы к экзамену 2, 3, 6, 8-10, 13, 17,33,36 защита курсового проекта	Имеет представление об основных характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных. Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов производств.	Имеет представление об основных характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных. Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов производств.	Может определить основные характеристики технологических процессов: гидромеханических, теплообменных. Изображает и дает пояснения к технологическим схемам основных процессов производств.	Способен обоснованно выбрать методы расчёта характеристик технологических процессов. Дает сравнительные характеристики и анализирует технологические схемы процессов производств
<b>Владеет:</b> навыками расчета основных аппаратов	Ответы на вопросы к экзамену 3,8,11,12,13, 14,23 30,33,35,36 защита курсового проекта	Имеет представление о методах расчёта основных аппаратов	Имеет представление о методах расчёта основных аппаратов	Выполняет расчеты основных размеров аппаратов.	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и условия проведения процесса.

## 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)
<p><b>ОПК-3.1:</b> Способность анализировать и рассчитывать основные процессы и выбирать их аппаратное оформление.</p>	<p><b>Знает:</b> – теоретические основы массообменных процессов – аппаратное оформление основных технологических процессов</p>	<p>Ответы на вопросы к экзамену 1-6, 8, 9, 10, 12, 17-22, 24, 26, 29, 31, 34,35, 36 защита курсового проекта</p>	<p>Имеет представление об основных законах массопередачи. Имеет представление об уравнениях материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения массообменных процессов.</p>	<p>Знает основные законы массопередачи. Знает уравнения материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Даёт пояснение их назначению, может их записать и объяснить физический смысл.</p>	<p>Знает вывод уравнений материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Может сформулировать допущения и условия их применимости. вывод основных уравнений массопередачи. Может сформулировать допущения и условия их применимости. Знает особенности конструкций аппаратов для реализации массообменных процессов.</p>

					Способен сформулировать требования к конструкции аппаратов.
<b>Умеет:</b> определять основные характеристики технологического процесса	Ответы на вопросы к экзамену 7, 11, 13-16, 25, 27, 33, 25, 27, 33. защита курсового проекта	Имеет представление об основных характеристиках типовых массообменных технологических процессов. Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов	Может определить основные характеристики массообменных процессов. Знает основные уравнения массопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл. Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения массообменных процессов	Способен обоснованно выбрать методы расчёта характеристик массообменных технологических процессов.	
<b>Владеет:</b> навыками расчета основных аппаратов	Ответы на вопросы к экзамену, 23, 28, 30, 32, 23, 28, 30, 32. защита курсового	Имеет представление о методах расчёта технологических аппаратов.	Выполняет расчеты основных размеров массообменных аппаратов по соответствующим методикам.	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и	

		проекта			условия проведения процесса.
--	--	---------	--	--	------------------------------

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена в 5 семестре, шкала оценивания – балльная и в форме защиты курсового проекта и сдачи экзамена в 6 семестре.

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

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

**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-3:**

1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
2. Закон трения Ньютона. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса. Мгновенная, локальная и средняя скорости движения жидкости.
4. Уравнение неразрывности потока. Уравнение расхода. Расчет диаметра трубопровода. Экономически оптимальная скорость движения жидкости и газа в трубопроводе.
5. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье – Стокса).
6. Потеря удельной энергии на трение в круглых трубах при ламинарном режиме. Вывод формулы Гагена-Пуазейля.
7. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
8. Приложения уравнения Бернулли (мерная диафрагма, трубка Пито-Прандтля).
9. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам. Расчет величины требуемого давления.
10. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах. Местные сопротивления. Экспериментальное определение коэффициента трения и коэффициента местного сопротивления.
11. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия. Анализ размерностей как метод обработки опытных данных.  $\pi$  – теорема.
12. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
13. Основные конструкции насосов и вентиляторов. Предельная высота всасывания насоса.
14. Работа центробежного вентилятора (насоса) на сеть. Уравнение характеристики сети. Рабочая точка.
15. Работа поршневого насоса на сеть. Уравнение характеристики сети. Рабочая точка.
16. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
17. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной стенок.
18. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (уравнение Фурье – Кирхгофа).
19. Вывод критериев теплового подобия. Их физический смысл.
20. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
21. Теплоотдача при конденсации пара. (Конденсация на вертикальных и горизонтальных трубках, конденсация в присутствии воздуха.)
22. Теплоотдача при кипении жидкостей. Критическая тепловая нагрузка.

23. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
24. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах. Вывод формулы.
25. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
26. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
27. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
28. Методы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах
29. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода охлаждающей воды в кожухотрубном холодильнике для системы жидкость–жидкость.
30. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в паровом кожухотрубном подогревателе жидкостей.
31. Схема однокорпусной вакуум выпарной установки.
32. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата
33. Температура кипения раствора. Общая и полезная разность температур при выпаривании
34. Расчет площади поверхности и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
35. Типовые конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.
36. Выпаривание с термокомпрессией вторичного пара.
37. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика.
38. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
39. Многокорпусное выпаривание. Экономически наиболее выгодное число корпусов.
40. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения
41. Разделение неоднородных систем под действием силы тяжести. Вывод формулы Стокса для скорости осаждения.
42. Пылеосадительные камеры и отстойники. Расчет диаметра отстойника непрерывного действия.
43. Фильтрование суспензий. Уравнение фильтрования. Экспериментальное определение констант уравнения фильтрования.
44. Типовые конструкции фильтров
45. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Типовые конструкции циклонов и центрифуг.
46. Циклоны и гидроциклоны
47. Гидромеханические методы очистки газов от пыли. Типовые конструкции аппаратов.
48. Гидродинамика взвешенного слоя. Определение критической скорости.

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

**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-3:**

1. Основные теоретические модели процесса массоотдачи (пленочная, проникновения, диффузионного пограничного слоя).
2. Механизмы переноса вещества. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
3. Движущая сила и направление массообменного процесса.
4. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.



5. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
6. Методы определения общего числа единиц переноса.
7. Расчет насадочных колонн при линейной равновесной зависимости.
8. Расчет насадочных колонн при криволинейной равновесной зависимости.
9. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
10. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Экономически оптимальный расход абсорбента.
11. Выбор насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
12. Непрерывно действующая абсорбционно-десорбционная установка.
13. Как определить экспериментально коэффициент массопередачи в насадочной абсорбционной колонне?
14. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
15. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.
16. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовые числа.
17. Влияние расхода флегмы на движущую силу, процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
18. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
19. Конструкции тарелок ректификационной колонны. Коэффициент обогащения.
20. Экстрактивная и азеотропная ректификации.
21. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром.
22. Материальный баланс однократной экстракции. Конструкции экстракторов.
23. Расчет противоточной экстракции на основе уравнения массопередачи.
24. Адсорбция. Статика и кинетика. Адсорбция в неподвижном слое.
25. Как определить экспериментально объемный коэффициент массопередачи в противоточном адсорбере со взвешенным слоем адсорбента.
26. Сушительные агенты, их основные параметры и связь между ними.
27. Материальный баланс конвективной сушки. Удельный расход сушильного агента.
28. Тепловой баланс конвективной сушки. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.
29. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме 1-х.
30. Конструкции конвективных сушилок.
31. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.
32. Расчет времени процесса конвективной сушки. Вывод уравнений.
33. Кинетика процесса конвективной сушки.
34. Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.

#### **4. Темы курсовых проектов:**

1. Проектирование вакуум-выпарной установки.
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.