

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.10.2023 10:06:05  
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  
« 26 » июня 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Направление подготовки

**09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность программы бакалавриата

**Автоматизированные системы обработки информации и управления**  
**Системы автоматизированного управления**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

**Факультет механический**

**Кафедра процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Борисова Е.И.

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических производств»  
обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов  
протокол от « 20 » 06 2019 № 8

Заведующий кафедрой

О.М Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от « 21 » 06 2019 № 11

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Информатика и вычислительная техника»		Т.Б.Чистякова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....</b>	<b>5</b>
<b>3. Объем дисциплины. ....</b>	<b>5</b>
<b>4. Содержание дисциплины.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Разделы дисциплины и виды занятий. ....</b>	<b>6</b>
<b>4.2. Занятия лекционного типа. ....</b>	<b>6</b>
<b>4.3. Занятия семинарского типа.....</b>	<b>7</b>
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2 Лабораторные занятия.....	8
<b>4.4. Самостоятельная работа обучающихся. ....</b>	<b>9</b>
<b>5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. ....</b>	<b>9</b>
<b>6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....</b>	<b>9</b>
<b>7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....</b>	<b>11</b>
<b>8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....</b>	<b>12</b>
<b>9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ....</b>	<b>12</b>
<b>10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....</b>	<b>12</b>
10.1. Информационные технологии. ....	12
10.2. Программное обеспечение. ....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы. ....	12
<b>11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы. ....</b>	<b>13</b>
<b>12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья. ....</b>	<b>13</b>
<b>Приложение № 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Процессы и аппараты химических производств». ....</b>	<b>14</b>

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

В результате 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)
<p><b>ОПК-1</b> Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-1.15</b> Применение естественнонаучных и общетеоретических знаний для расчета и аппаратного оформления технологических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов химической технологии (ЗН-1); аппаратурное оформление основных технологических процессов (ЗН-2).</p> <p><b>Уметь:</b> определять основные характеристики технологического процесса (У-1); анализировать варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2).</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.31) и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Процессы и аппараты химических производств» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Основы автоматизированного проектирования», «Основы автоматизированного управления», «Автоматика и автоматизация химико-технологических процессов», 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>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>58</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>50</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

#### 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 и оборудование	4	4	4	10	ОПК-1	ОПК-1.15
2.	Теплообменные процессы и аппараты.	6	6	4	22	ОПК-1	ОПК-1.15
3.	Массообменные процессы и аппараты	8	8	10	18	ОПК-1	ОПК-1.15

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Гидромеханические процессы и оборудование.</u> Основы теории переноса количества движения. Основные уравнения движения жидкостей и газов, перемещение жидкостей и газов. Основы теории физического и математического моделирования процессов химической технологии.	4	Слайд-презентация
2	<u>Теплообменные процессы и аппараты.</u> Основы теории передачи теплоты, виды переноса теплоты, их характеристика. Основы теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов. Классификация и конструкции основных типов теплообменных аппаратов.	6	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	<u>Массообменные процессы и аппараты</u> Основы теории массопередачи. Классификация и основные конструкции массообменных аппаратов. Методы расчёта основных размеров массообменной аппаратуры. Общие сведения о процессе абсорбции. Общие сведения о процессах перегонки и ректификации.	8	Слайд-презентация

### 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	<u>Гидромеханические процессы.</u> Гидростатика. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Мощность насосов и вентиляторов.	4	
2	<u>Основы теплопередачи</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов	4	Слайд-презентация, групповая дискуссия
3	<u>Абсорбция.</u> Материальный баланс. Расчет абсорберов.	4	
3	<u>Ректификация</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет ректификационных колонн.	4	Слайд-презентация, групповая дискуссия
2,3	<u>Контрольная работа</u> Расчет теплообменных и массообменных аппаратов.	2	

### 4.3.2 Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов.	4	
2	Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике. Моделирование процесса на ПК	4	
3	Экспериментальное исследование гидродинамических и массообменных характеристик насадочного абсорбера. Моделирование процесса абсорбции на ПК.	4	
3	Экспериментальное определение основных показателей работы тарельчатой ректификационной колонны. Моделирование процесса ректификации на ПК	6	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Приложения уравнения Бернулли	4	Устный опрос
1	Транспортировка жидкостей и газов	6	Устный опрос
2	Промышленные способы нагрева и охлаждения в химической технологии	4	Устный опрос
2	Классификация и конструкции основных типов теплообменных аппаратов	8	Устный опрос
2	Выпаривание	10	Устный опрос
3	Классификация и основные конструкции массообменных аппаратов	18	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: <https://media.technolog.edu.ru>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

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 два вопроса из перечня вопросов и задачу, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

##### Вариант № 1

1. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
2. Влияние расхода флегмы на движущую силу, процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
3. Задача.

Пример варианта задачи на зачете:

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  $t_{ст}$ .

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.

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 – «зачет».

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

### **а) основная литература:**

1. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»: учебное пособие для вузов / В.Ф. Фролов. — 2-е изд. — СПб.: Химиздат, 2008. — 608 с.
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. — СПб.: Химиздат, 2010. — 544 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум: учебное пособие / О.М. Флисюк [и др.]. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 142 с.

### **б) дополнительная литература:**

4. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. — 12-е изд.— М.: Альянс, 2005. -750 с.
5. Моделирование технологических процессов: компьютерный практикум / О.М. Флисюк [и др.]. —СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2007. — 46 с.
6. Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия: учебное пособие / О.М. Флисюк, В.Ф. Фролов, В.В. Фомин, Е.И. Борисова. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.— 47 с. (ЭБ)
7. Банных, О.П. Расчет теплообменных аппаратов: метод. указания к курсовому проектированию/ О. П. Банных, Е.И. Борисова, О.В. Муратов. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.— 56 с. (ЭБ)
8. Банных, О.П. Расчет трубчатых теплообменников: метод. указания к курсовому проектированию/ О. П. Банных, Е.И. Борисова. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.— 55 с. (ЭБ)
9. Оборудование для транспортировки жидкостей и газов: учебное пособие / Е.И. Борисова, О.П. Банных, О.Н. Круковский, О.В. Гилевская. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2017.— 27 с. (ЭБ)

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

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

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

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

Все виды занятий по дисциплине «Процессы и аппараты химических производств» 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 2016.

### **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 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.

**Фонд оценочных средств**  
**для проведения промежуточной аттестации по**  
**дисциплине «Процессы и аппараты химических производств»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-1	<b>Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания</b> , методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	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)
			«зачет» (пороговый)
<b>ОПК-1.15</b> Применение естественнонаучных и общеинженерных знаний для расчета и аппаратурного оформления технологических процессов	<b>Разбирается</b> в основах гидравлики, теплопередачи и массопередачи (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-7,10-12,15, 25-28 к зачету	Имеет представление об основах гидравлики, теплопередачи и массопередачи. Записывает и дает пояснения следующих формул: основные уравнения гидравлики, теплообмена и массообмена.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачет» (пороговый)
	<b>Обоснованно выбирает</b> аппаратное оформление гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №18, 19, 24, 29, 31 к зачету	Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов.
	<b>Определяет</b> основные характеристики типовых технологических процессов (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 8,9,13,14,16, 20, 33,34, 37-40 к зачету	Рассчитывает основные характеристики типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных, массообменных.
	<b>Анализирует</b> варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 22,23,35,36 к зачету	Изображает и дает сравнительную характеристику технологических схем основных процессов химических производств.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачет» (пороговый)
	<b>Выполняет</b> расчеты основных аппаратов химической технологии (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 17, 21, 30, 32 к зачету	Выполняет расчеты по соответствующим методикам основных размеров теплообменных и массообменных аппаратов.

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

1. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода.
2. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса
3. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье-Стокса).
4. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
5. Приложения уравнения Бернулли (трубка Пито-Прандтля, мерная диафрагма).
6. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия.
7. Критерии гидродинамического подобия. Их физический смысл.
8. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе. Местные сопротивления.
9. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
10. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
11. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (Уравнение Фурье-Кирхгофа).
12. Критерии теплового подобия. Их физический смысл.
13. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
14. Теплоотдача при конденсации пара и при кипении жидкости. Кризис кипения
15. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
16. Средняя разность температур в теплообменном аппарате.
17. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
18. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
19. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
20. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания
21. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
22. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
23. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
24. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.
25. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
26. Движущая сила и направление массообменного процесса
27. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
28. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Критерии подобия. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
29. Типы насадок и их сравнительная характеристика.
30. Расчет насадочных колонн. Определение высоты и диаметра.
31. Конструкции тарелок и их сравнительная характеристика.
32. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
33. Абсорбция. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии

34. Теоретически минимальный и рабочий расходы жидкости на орошение абсорбционной колонны.
35. Непрерывно действующая абсорбционно-десорбционная установка.
36. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
37. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
38. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды
39. Теоретически минимальное и рабочее флегмовые числа.
40. Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4. Темы курсовых проектов:**

В учебном плане дисциплины «Процессы и аппараты химических производств» курсовой проект отсутствует.

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

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.