

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:28:38  
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» января 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ**

(начало подготовки 2016)

Направление подготовки

**15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

Направленность программы бакалавриата

**Автоматизация технологических процессов и производств**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2016

**Б1.В.15**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты» обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 №  
Заведующий кафедрой

О.М.Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 № \_\_  
Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		В.В. Куркина
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		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 .....	7
4.3	Занятия семинарского типа .....	8
4.3.1	Семинары, практические занятия .....	8
4.3.2	Лабораторные занятия .....	9
4.4	Самостоятельная работа обучающихся.....	10
4.4.1	Темы контрольных работ.....	11
4.4.2	Темы курсовых проектов.....	11
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	11
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	12
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	14
10.1	Информационные технологии.....	14
10.2	Программное обеспечение.....	14
10.3	Информационные справочные системы.....	14
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	14
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14
	Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15

## 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:

Таблица 1

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b>	способностью собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования	<p><b>Знать:</b> - теоретические основы типовых технологических процессов.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать и анализировать варианты функциональных схем технологических процессов для производства необходимого продукта.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчета основных аппаратов химической промышленности с использованием программных пакетов для ПК.</p>
<b>ПК-6</b>	способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа	<p><b>Знать:</b> функциональные схемы типовых технологических процессов; основные параметры технологического процесса, характеризующие его состояние.</p> <p><b>Уметь:</b> определять основные параметры технологического процесса.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа основных характеристик технологического процесса, влияющих на качество продукции и производительность установки.</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-32</b>	способностью участвовать во внедрении и корректировке технологических процессов, средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики при подготовке производства новой продукции и оценке ее конкурентоспособности	<p><b>Знать:</b> сравнительные характеристики и конструкции современного оборудования химико-технологических производств.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать необходимое оборудование для организации технологического процесса.</p> <p><b>Владеть:</b> владеть навыками расчета материальных и энергетических затрат на осуществление технологического процесса.</p>

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.ОД.15) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Химия», «Физическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Процессы и аппараты» знания, умения и навыки могут быть использованы в проектно-конструкторской, производственно-технологической, научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3 Объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Семестры 5, 6</b>	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	7/252
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>144</b>
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	100
семинары, практические занятия	50
лабораторные работы	50

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
курсовое проектирование ( КП)	КП
КСР из них на курсовой проект	10 8
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр)</b>	-
<b>Форма промежуточной аттестации (экзамен, КП, зачет)</b>	КП, экзамен(36), зачет

#### 4 Содержание дисциплины

##### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Гидромеханические процессы	8	6	8	24	ПК-1, ПК-32
2.	Теплообменные процессы.	10	12	10	24	ПК-1, ПК-32
3.	Массообменные процессы	16	32	32	24	ПК-1, ПК-6, ПК-32

## 4.2 Занятия лекционного типа

Таблица 4

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Гидромеханические процессы.</u> Основы теории переноса количества движения, количества теплоты и количества массы. Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии. Гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей и газов, перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов, разделение жидких и газовых неоднородных систем.	8	
2	<u>Теплообменные процессы.</u> Тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, виды переноса теплоты, их характеристика, основы теплопередачи. Промышленные способы нагрева и охлаждения в химической технологии. Процессы выпаривания в однокорпусных и многокорпусных установках, способы сокращения энергетических затрат.	10	
3	<u>Массообменные процессы</u> Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчёта массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка.	16	

### 4.3 Занятия семинарского типа

#### 4.3.1 Семинары, практические занятия

Таблица 5

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Гидромеханические процессы.</u> Гидростатика. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Уравнение Бернулли и его приложения. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Мощность насосов и вентиляторов.	6	
2	<u>Основы теплопередачи</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов	6	
2	<u>Выпаривание.</u> Материальный и тепловой балансы. Теплопередача в выпарных аппаратах.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
	<u>Контрольная работа</u> Расчет теплообменных аппаратов.	2	
3	<u>Основы массопередачи</u> Массоотдача и массопередача. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила процесса.	2	
3	<u>Абсорбция.</u> Материальный баланс. Расчет абсорберов	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	<u>Ректификация</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет ректификационных колонн	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	<u>Сушка.</u> Конвективная сушка. Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы. Расчет различных вариантов конвективных сушилок.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<u>Контрольная работа</u> Ректификация и сушка	2	
2,3	<u>Консультации по курсовому проектированию</u> Однокорпусная вакуум–выпарная установка. Ректификационная установка непрерывного действия.	16	

#### 4.3.2 Лабораторные занятия

Таблица 6

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<u>Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов</u> Экспериментальное определение коэффициента трения и коэффициентов местных сопротивлений	4	
1	<u>Изучение работы барабанного вакуум-фильтра непрерывного действия.</u> Экспериментальное определение констант фильтрования	4	
1	<u>Определение характеристик центробежного вентилятора</u> Экспериментальное определение характеристик вентилятора и характеристики сети, определение параметров рабочей точки.	4	
2	Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи и численных значений коэффициентов в критериальном уравнении.	6	
3	<u>Абсорбция.</u> Экспериментальное исследование гидродинамических и массообменных характеристик насадочного абсорбера.	4	
3	<u>Моделирование процесса абсорбции на ПК.</u> Исследование влияния параметров процесса абсорбции на коэффициент массопередачи	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<u>Ректификация</u> Экспериментальное определение основных показателей работы тарельчатой ректификационной колонны.	4	
3	<u>Моделирование процесса ректификации на ПК</u> Исследование влияния параметров процесса ректификации на составы продуктов и производительность установки.	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>Сушка</u> Экспериментальное определение основных характеристик процесса сушки в кипящем слое .	4	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 7

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Транспортировка жидкостей и газов по трубопроводам. Конструкции насосов и вентиляторов.	8	Устный опрос №1
1	Гидромеханические методы разделения неоднородных систем.	8	Устный опрос №1
1	Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев.	8	Устный опрос №1
2	Методы интенсификации процессов теплопередачи	8	Устный опрос №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Промышленные способы нагрева и охлаждения в химической технологии	8	Устный опрос №2
2	Многокорпусное выпаривание	8	Устный опрос №2
3	Основы процесса экстракции	8	Устный опрос №3
3	Основы процесса адсорбции	8	Устный опрос №3
3	Конструкции сушильных аппаратов	8	Устный опрос №3

#### 4.4.1 Темы контрольных работ

##### 5 семестр

Расчет кожухотрубчатых теплообменников при различных режимах движения теплоносителя.

##### 6 семестр

Расчет процессов ректификации и конвективной сушки

#### 4.4.2 Темы курсовых проектов

Темы курсовых проектов:

- расчет однокорпусной вакуум-выпарной установки;
- расчет ректификационной установки непрерывного действия.

#### 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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена в 5 семестре, и в форме зачета в 6 семестре.

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

Экзамен предусматривают 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 экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов и задачу, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

#### Вариант № 1

1. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
2. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика
3. Задача

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

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются двумя теоретическими вопросами из перечня Приложения 1, 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.

### **7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой 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.
  4. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / С.Г. Борисов [и др.]; под редакцией Ю.И. Дытнерского. — 4-е изд.— М.: Альянс, 2008.— 496 с.

**б) дополнительная литература:**

5. Моделирование технологических процессов: компьютерный практикум / О.М. Флисюк [и др.]. —СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2007. — 46 с.
6. Волжинский, А.И. Ректификация. Колонные аппараты с ситчатыми тарелками: учебное пособие / А.И. Волжинский, А.В.Марков. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.— 68 с.
7. Волжинский, А.И. Ректификация. Колонные аппараты с жалюзийно-клапанными тарелками: учебное пособие / А.И. Волжинский, А.В.Марков. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.— 37 с.
8. 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)
9. 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)
10. Банных, О.П. Расчет трубчатых теплообменников: метод. указания к курсовому проектированию/ О. П. Банных, Е.И. Борисова. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.— 55 с. (ЭБ)

**в) вспомогательная литература:**

11. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. — 12-е изд.— М.: Альянс, 2005. -750 с.
12. Волжинский, А.И.. Ректификация. Справочные данные по равновесию пар-жидкость: метод. указания к курсовому проектированию / А.И. Волжинский, В.А. Константинов. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. — 23 с.

**8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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» проводятся в соответствии с требованиями следующих СПП:

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

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

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

СТП СПбГТИ 048-2009. КС 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 багаж знаний и вопросов 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:

- использование мультимедийных средств в лабораторном практикуме;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2 Программное обеспечение**

- Microsoft Office 2013 sp1 (Microsoft Word, Microsoft Excel);
- Mathcad 14;
- Autodesk AutoCAD 2015.

### **10.3 Информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

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 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств**  
**для проведения промежуточной аттестации**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

Таблица 8

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	<b>способностью собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования</b>	промежуточный
<b>ПК-6</b>	<b>способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа</b>	промежуточный
<b>ПК-32</b>	<b>способностью участвовать во внедрении и корректировке технологических процессов, средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики при подготовке производства новой продукции и оценке ее конкурентоспособности</b>	промежуточный

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

Таблица 9

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает теоретические основы гидромеханических процессов Владеет навыками гидравлического расчета трубопроводов и аппаратов	Правильные ответы на вопросы №1-10 к экзамену	ПК-1
	Знает аппаратное оформление гидромеханических процессов. Умеет выбирать необходимое оборудование для организации процессов перемещения жидкостей и газов по трубопроводам и процессов разделения неоднородных систем. Владеет навыками расчета энергетических затрат на осуществление процессов перемещения жидкостей и газов по трубопроводам.	Правильные ответы на вопросы №24-30 к экзамену	ПК-32
Освоение раздела № 2	Знает теоретические основы теплообменных процессов. Умеет разрабатывать и анализировать варианты функциональных схем выпарных установок Владеет навыками расчета теплообменных аппаратов с использованием программных пакетов для ПК.	Правильные ответы на вопросы №11-23 к экзамену	ПК-1
	Знает сравнительные характеристики и конструкции теплообменных и выпарных аппаратов. Умеет выбирать необходимое оборудование для организации теплообменного процесса. Владеет навыками расчета материальных и тепловых балансов.	Правильные ответы на вопросы №31-36 к экзамену	ПК-32

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 3	<p>Знает теоретические основы массообменных процессов</p> <p>Умеет разрабатывать и анализировать варианты функциональных схем массообменных процессов.</p> <p>Владеет навыками расчета массообменных аппаратов с использованием программных пакетов для ПК.</p>	Правильные ответы на вопросы №1-14 к зачету	ПК-1
	<p>Знает основные параметры процесса, характеризующие его состояние.</p> <p>Умеет определять основные параметры массообменных процессов расчетными и экспериментальными методами.</p> <p>Владеет навыками анализа основных характеристик массообменного процесса, влияющих на качество продукции и производительность установки.</p>	Правильные ответы на вопросы №15-24 к зачету	ПК-6
	<p>Знает сравнительные характеристики и конструкции массообменных аппаратов.</p> <p>Умеет выбирать необходимое оборудование для организации массообменного процесса.</p> <p>Владеет навыками расчета материальных и энергетических затрат на осуществление массообменного процесса.</p>	Правильные ответы на вопросы №25-34 к зачету	ПК-32

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

промежуточная аттестация проводится в 5 семестре в форме экзамена, шкала оценивания – балльная, в 6 семестре – в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

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

**а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:**

1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
2. Закон вязкого трения. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
4. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода. Экономически оптимальная скорость движения жидкости и газа в трубопроводах.
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. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
10. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах. Местные сопротивления.
11. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
12. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
13. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (Уравнение Фурье-Кирхгофа).
14. Критерии теплового подобия. Их физический смысл.
15. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
16. Теплоотдача при конденсации пара
17. Теплоотдача при кипении жидкости. Кризис кипения.
18. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
19. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
20. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
21. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
22. Многокорпусное выпаривание. Выбор числа корпусов.
23. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.

**б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-32:**

24. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения.
25. Разделение неоднородных систем под действием силы тяжести. Пылеосадительные камеры и отстойники.
26. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Конструкции циклонов и центрифуг.
27. Способы очистки газов от пыли.
28. Фильтрация. Конструкции фильтров.
29. Способы разделения суспензий.

30. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
31. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
32. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.
33. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
34. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
35. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах
36. Температура кипения раствора в выпарном аппарате. Общая и полезная разность температур при выпаривании.

### **в) Примеры задач для проверки навыков при сдаче экзамена**

1. В трубном пространстве одноходового кожухотрубчатого теплообменника охлаждается жидкость от температуры  $t_{н1}$  до температура  $t_{к1}$ . Расход жидкости  $G$ . Охлаждающая вода среднего качества движется противотоком в межтрубном пространстве и нагревается от температуры  $t_{н2}$  до температура  $t_{к2}$ . Средняя температура стенки трубы со стороны жидкости  $t_{см.1}$ . Коэффициент теплоотдачи к воде равен  $\alpha$ . 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.

2. Определить мощность, затрачиваемую насосом на перемещение жидкости по трубопроводу с диаметр  $d$ , общей длиной  $L$ , при температуре  $t$ . Расход жидкости  $G$ . На трубопроводе установлены  $n_1$  внезапных поворотов (под углом  $90^\circ$ ),  $n_2$  плавных поворотов (под углом  $\varphi$  и радиусом  $R$ ),  $n_3$  прямоочных вентиля,  $n_4$  нормальных вентиля и  $n_5$  задвижек. Высота подъема  $H$ . Разность статических давлений в конце и начале трубопровода составляет  $\Delta P$ . Общий КПД насоса с электродвигателем равен  $\eta$ .

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и задачу.

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

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

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:**

1. Основные теоретические модели процесса массоотдачи (пленочная, проникновения, диффузионного пограничного слоя).
2. 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. Расчет противоточной экстракции на основе уравнения массопередачи
11. Непрерывно действующая абсорбционно-десорбционная установка
12. Схема ректификационной установки непрерывного действия

13. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром.
14. Экстрактивная и азеотропная ректификации.
15. Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.

**б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:**

16. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
17. Коэффициент обогащения тарелки.
18. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Экономически оптимальный расход абсорбента.
19. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовые числа.
20. Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
21. Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в насадочной абсорбционной колонне.
22. Экспериментальное определение объемного коэффициента массопередачи в противоточном адсорбере со взвешенным слоем адсорбента.
23. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме I-x.
24. Расчет времени процесса конвективной сушки. Вывод уравнений.
25. Кинетика процесса конвективной сушки.
26. Сушильные агенты, их основные параметры и связь между ними.

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-32:**

27. Типы насадок и их сравнительная характеристика.
28. Конструкции тарелок ректификационной колонны и их сравнительная характеристика.
29. Конструкции экстракторов.
30. Конструкции конвективных сушилок.
31. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.
32. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
33. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды
34. Материальный баланс конвективной сушки. Удельный расход сушильного агента.
35. Тепловой баланс конвективной сушки. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.