

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:18:57  
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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

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

Направление подготовки

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата

**Проектирование, эксплуатация и диагностика  
технологических машин и оборудования**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2016

Б1.В.04

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»  
обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов  
протокол от « 26 » 01 2016 № 6  
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «     »     2016 №    

Председатель

А. Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		доцент А. Н. Луцко
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 .....	6
3	Объем дисциплины.....	6
4	Содержание дисциплины.....	7
4.3	Занятия семинарского типа .....	9
4.3.1	Семинары, практические занятия .....	9
4.3.2	Лабораторные занятия .....	10
4.4	Самостоятельная работа обучающихся.....	11
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 .....	12
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	13
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	14
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
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.....	15
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	15
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
	Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	16

## 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-6</b>	способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p><b>Знать</b></p> <p style="padding-left: 20px;">основы теории гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов.</p> <p style="padding-left: 20px;">инженерные методы расчета основных процессов химической технологии.</p> <p style="padding-left: 20px;">виды и комплектность конструкторской документации, основные требования к конструкторской документации.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p style="padding-left: 20px;">использовать методы гидравлического расчёта трубопроводов и аппаратов.</p> <p style="padding-left: 20px;">использовать методы и алгоритмы расчёта теплообменных аппаратов.</p> <p style="padding-left: 20px;">использовать методы расчёта массообменных аппаратов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p style="padding-left: 20px;">навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ПК.</p>
<b>ПК-11</b>	способность проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вводимое оборудование	<p><b>Знать:</b></p> <p style="padding-left: 20px;">типовые конструкции аппаратов для проведения гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов.</p> <p style="padding-left: 20px;">элементы конструкции внутренних устройств массообменных аппаратов.</p> <p style="padding-left: 20px;">принципы работы аппаратов для проведения типовых процессов химической технологии.</p> <p style="padding-left: 20px;">технологические схемы установок для проведения типовых процессов химической технологии.</p>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p><b>Уметь:</b> разрабатывать технологические схемы для проведения процессов химической технологии. подбирать оборудование для комплектации установок</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа вариантов схем проведения процессов. навыками сравнительной оценки конструкций аппаратов</p>
<b>ПК-15</b>	умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин	<p><b>Знать:</b> типы промышленных теплоносителей и их основные характеристики. принципы энерго-ресурсосбережения при реализации процессов химической технологии.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать промышленные теплоносители для проведения процессов теплообмена. разрабатывать эффективные технологические схемы проведения процессов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками сравнительной оценки теплоносителей и их выбора. навыками оценки эффективности использования энергоресурсов.</p>

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.04) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин "Физика", "Математика", "Химия", "Техническая термодинамика и теплотехника".

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

## 3 Объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	104
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	52
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР (из них 16 на КП)	18
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	49
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КП, зачет, экзамен)	27

## 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, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Гидромеханические процессы	6	-	12	19	ПК6
2	Тепловые процессы. Выпаривание	12	-	24	20	ПК6, ПК11, ПК15
3	Массообменные процессы	16	16	-	10	ПК6, ПК11, ПК15

### 4.2 Занятия лекционного типа

Таблица 4

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Закон сохранения субстанции. Законы сохранения массы, энергии и количества движения. Режимы течения жидкостей. Основы теории подобия. Критерии подобия. Вывод критериев подобия.	6	
2	Тепловые процессы Теплопередача. Тепловой баланс. Перенос теплоты: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Уравнение конвективной теплопроводности. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Средняя разность температур. Подobie процессов теплоотдачи. Критериальное уравнение теплоотдачи. Типовые случаи конвективного теплообмена. Основные конструкции теплообменных аппаратов, их сравнительная характеристика. Основные промышленные теплоносители, их сравнительная характеристика. Расчет теплообменной аппаратуры.	12	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p style="text-align: center;"><b>Выпаривание</b></p> <p>Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок. Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Выпаривание с термокомпрессией. Классификация и конструкции основных типов выпарных аппаратов.</p>		
3	<p>Основы теории массообменных процессов. Классификация и общая характеристика массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Направление протекания массообменных процессов. Молекулярная и конвективная диффузия. Основное уравнение массопередачи. Уравнение массоотдачи.</p> <p>Материальный баланс и уравнение линии рабочих концентраций. Движущая сила массообменных процессов. Подобие процессов переноса вещества. Расчет массообменных аппаратов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Абсорбция</b></p> <p>Общие сведения о процессе и области его практического применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Схемы абсорбционных установок. Конструкции абсорберов. Расчет абсорберов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ректификация</b></p> <p>Принцип ректификации. Схемы установок непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций. Флегмовое число. Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа. Конструкции ректификационных аппаратов. Расчет ректификационных колонн.</p> <p style="text-align: center;"><b>Сушка</b></p> <p>Сушка как термодиффузионный процесс.</p>	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	Гидравлические процессы. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Гидравлическое сопротивление сети.	2	-
2	Теплопередача и теплоотдача. Расчет теплообменной аппаратуры.	2	-
3	Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбера. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Расчет абсорберов.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	Ректификация. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	Сушка Основные параметры состояния влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха I-х. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Расход сухого воздуха на сушилку.	4	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр

### 4.3.2 Лабораторные занятия

Таблица 6

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

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 7

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Транспортировка жидкостей и газов. Насосы и вентиляторы и их конструкции. Высота всасывания и нагнетания.	8	Устный опрос №1
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения.	8	Устный опрос №1
2	Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Продольное и поперечное обтекание.	8	Устный опрос №2
2	Теплоотдача при конденсации и теплоотдача при кипении.	10	Устный опрос №2
3	Теоретическая и реальная сушки. Изображение процесса сушки в диаграмме I-x. Сушильные варианты. Расход воздуха и теплоты на процесс сушки.	15	Устный опрос №3

##### 4.4.1 Темы контрольных работ

Расчет процесса ректификации.

##### 4.4.2 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 зачета и экзамена.

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

Зачет и 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 зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов.

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 зачете:

### Вариант № 1

1. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
2. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.

Пример варианта вопросов на экзамене:

### Вариант № 1

1. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
2. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
3. Задача.

### **Пример варианта задачи**

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь хлороформ-бензол. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси (питании)  $\bar{x}_F = 30.1\%$  (масс.), в дистилляте  $\bar{x}_D = 73.1\%$  (масс.), в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 7.44\%$  (масс.). Расход питания  $\bar{G}_F = 2.4$  кг/с. Коэффициент избытка флегмы  $\varphi = 1.37$ . Давление в колонне атмосферное. Греющий пар в кубе колонны имеет избыточное давление  $2$  кгс/см<sup>2</sup>. Степень сухости пара 98%. Начальная температура воды, поступающей в дефлегматор  $15$  °С, конечная температура воды  $25$  °С. Коэффициент теплопередачи в дефлегматоре  $K=800$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Определить: расход дистиллята, расход греющего пара, расход воды в дефлегматоре, поверхность теплопередачи дефлегматора.

Написать уравнение рабочей линии для верхней части колонны.

## **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 химической технологии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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 28.08.2014 г.

**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-6</b>	<b>способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию</b> , оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	промежуточный
<b>ПК-11</b>	<b>способность проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования</b> , умением осваивать вводимое оборудование	промежуточный
<b>ПК-15</b>	<b>умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов</b> , применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин	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 процессов течения жидкостей и газов. Умеет рассчитывать трубопроводы, гидравлическое сопротивление элементов сети.	Правильные ответы на вопросы к зачету	ПК6
Освоение раздела №2	Знает теоретические основы процессов теплообмена, выпаривания. Умеет рассчитывать и выбирать теплообменные аппараты.	Правильные ответы на вопросы к зачету	ПК6, ПК11, ПК15
Освоение раздела № 3	Знает теоретические основы массообменных процессов, особенности процессов абсорбции, ректификации. Умеет рассчитывать и выбирать аппараты для массообменных процессов.	Правильные ответы на вопросы к экзамену	ПК6, ПК11, ПК15

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

Промежуточная аттестация проводится в форме:

- зачета (5 семестр), результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»;
- экзамена (6 семестр) , шкала оценивания – балльная.

### 3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы к зачету (5 семестр)

##### а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:

1. Закон трения. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
2. Уравнение неразрывности потока. Уравнение расхода. Расчет диаметра трубопровода. Экономически оптимальная скорость движения жидкости и газа в трубопроводах.
3. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье - Стокса).
4. Потеря удельной энергии на трение в трубах при ламинарном режиме. Вывод формулы Гагена - Пуазейля.
5. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.

6. Приложения уравнения Бернулли (трубка Пито-Прандтля, диафрагма с острыми краями).
7. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам. Расчет величины требуемого давления.
8. Теория подобия - основа физического моделирования. Теоремы подобия. Анализ размерностей как метод обработки опытных данных.  $\pi$  - теорема.
9. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
10. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Приложения стационарной теплопроводности.
11. Дифференциальное уравнение переноса в потоке (уравнение Фурье-Кирхгофа).
12. Вывод критериев теплового подобия. Их физический смысл.
13. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
14. Теплоотдача при кипении жидкостей. Критическая тепловая нагрузка.
15. Теплоотдача при конденсации пара.
16. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
17. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах. Вывод формулы.
18. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
19. Методы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах.
20. Расчет поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в паровом кожухотрубном подогревателе жидкостей.
21. Расчет поверхности теплопередачи и расхода охлаждающей воды в кожухотрубном холодильнике для системы ж-ж.
22. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата.
23. Температура кипения раствора. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
24. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.

**б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-11:**

25. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
26. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
27. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-15:**

28. Промышленные теплоносители, их теплотехническая и технико - экономическая характеристики
29. Схема многокорпусных выпарных установок. Удельный расход греющего пара. Экономически наиболее выгодное число корпусов.
30. Схема установки выпаривания с термокомпрессией вторичного пара.

### **3.2 Вопросы к экзамену (6 семестр)**

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

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. Выбор насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
11. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
12. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.
13. Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
14. Коэффициент обогащения тарелки.
15. Экстрактивная и азеотропная ректификации.

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-11:**

16. Конструкции тарелок массообменных аппаратов и их сравнительная характеристика.
17. Типы насадок и их сравнительная характеристика.
18. Схема ректификационной установки непрерывного действия.

#### **в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-15:**

19. Схема непрерывно действующей абсорбционно-десорбционной установки.
20. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Оптимальный расход абсорбента.
21. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовые числа.

К зачету и экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета и экзамена, 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.