

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 26.12.2023 16:37:14  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»  
(СПбГТИ(ТУ))

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«09» февраля 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**  
(начало подготовки – 2017 год)

Направление подготовки  
**20.03.01 Техносферная безопасность**  
Направленность программы бакалавриата  
**«Безопасность технологических процессов и производств»**  
**«Инженерная защита окружающей среды»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

Санкт-Петербург

2017

Б1.Б.09

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	04
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	05
4.2. Занятия лекционного типа .....	06
4.3. Занятия семинарского типа .....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.3.2. Лабораторные занятия .....	10
4.4. Самостоятельная работа .....	12
4.4.1. Темы курсовых проектов .....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	13
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	15
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	16
10.2. Программное обеспечение .....	16
10.3. Информационные справочные системы .....	16
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	17

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**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:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения технологической безопасности, измерительной вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> химико-технологические процессы и их аппаратное оформление</p> <p><b>Уметь:</b> обосновать выбор технологии и основного оборудования для организации процесса</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа вариантов схем проведения процессов</p>
ПК-1	Способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива	<p><b>Знать:</b> химико-технологические процессы и их аппаратное оформление основные физико-химические параметры, влияющие на качество продукции и производительность установок</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать основные параметры отдельных аппаратов и технологической схемы в целом обосновать выбор технологии и основного оборудования для организации процесса</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа вариантов схем проведения процессов</p>
ПК-22	Способность использовать законы и методы математики, естественных гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач	<p><b>Знать:</b> теоретические основы технологических процессов</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать материальные балансы соответствующих процессов</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа вариантов схем проведения процессов навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов ПК</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к базовой части (Б.1,Б.9) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Информатика», «Физическая химия».

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

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)</b>	12/ 432
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>212</b>
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	120
семинары, практические занятия	52
лабораторные работы	68
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР	24
другие виды контактной работы (экзамен, зачет, защита КП)	81
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>139</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе, коллоквиум)</b>	<b>Кр, коллоквиум</b>
<b>Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)</b>	Зачет, экзамен (2), КП

## 4. Содержание дисциплины.

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного	Занятия семинарского типа, академ. часы	Самостоятельная	Формируемые компетенции
-------	---------------------------------	---------------------	---	-----------------	-------------------------

			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Гидромеханические и тепловые процессы	36	36	36	64	<b>ПК-1, ПК-22</b>
2.	Массообменные процессы	32	16	32	75	<b>ПК-1,</b>

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Общие вопросы прикладной гидравлики.</u> Основное уравнение гидростатики. Вязкость жидкостей, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Формула Гагена-Пуазейля. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Подобие течений, критерии подобия. Уравнение Бернулли.	6	Слайд-презентация
1	<u>Принципы измерения скорости и расхода жидкостей и газов.</u> Трубка Пито-Прандтля, мерная диафрагма, мерное сопло, трубка Вентури.	2	Слайд-презентация
1	<u>Расчет гидравлического сопротивления трубопроводов.</u> Расчет потерь давления на трение и местные сопротивления. Мощность, потребляемая электродвигателем насоса или вентилятора.	2	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Разделение неоднородных систем.</u> Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем. Отстаивание, формула Стокса для скорости осаждения. Пылеосадительные камеры и отстойники. Фильтрование суспензий, типовые конструкции фильтров. Центрифугирование. Гидромеханические методы очистки газов.	6	Слайд-презентация
1	<u>Перенос теплоты в твердых телах и потоках газов и жидкостей.</u> Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Дифференциальное уравнение Фурье-Кирхгофа. Подобие теплообменных процессов. Критерии теплового подобия.	4	Слайд-презентация
1	<u>Расчет процессов теплоотдачи.</u> Теплоотдача при вынужденном движении жидкостей и газов по трубам и каналам. Теплоотдача при поперечном обтекании пучка труб. Теплоотдача при естественной конвекции. Кипение жидкостей, кризис кипения. Теплоотдача при конденсации на вертикальных и горизонтальных поверхностях.	4	Слайд-презентация
1	<u>Теплопередача.</u> Уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи. Средняя движущая сила процесса теплопередачи. Типовые конструкции теплообменников. Методы интенсификации процессов теплоотдачи. Промышленные теплоносители и их характеристика.	6	Слайд-презентация
1	<u>Выпаривание.</u> Общие сведения о процессе выпаривания. Схема однокорпусной вакуум выпарной установки. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Температура кипения раствора, общая и полезная разность температур. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок. Экономически оптимальное число корпусов многокорпусной выпарной установки. Основные конструкции выпарных аппаратов.	6	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Основы массопередачи.</u> Законы фазового равновесия. Движущая сила и направление протекания массообменных процессов. Молекулярная диффузия и конвекция. Основное уравнение массопередачи, уравнения массоотдачи. Связь между коэффициентом массопередачи и коэффициентами массоотдачи. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса.	4	Слайд-презентация
2	<u>Конвекция и массоотдача</u> Теоретические модели массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Подobie процессов переноса массы. Критерии диффузионного подобия.	4	Слайд-презентация
2	<u>Основы расчета массообменных аппаратов.</u> Типы массообменного оборудования. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн. Расчет диаметра и высоты насадочного аппарата, число единиц переноса. Расчет тарельчатых колонн. Метод теоретической тарелки. Локальная эффективность тарелки. Метод кинетической кривой.	6	Слайд-презентация
2	<u>Абсорбция.</u> Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение рабочей линии. Теоретически минимальный и оптимальный расходы абсорбента. Конструкции абсорберов. Схема абсорбционно-десорбционной установки.	4	Слайд-презентация
2	<u>Дистилляция и ректификация.</u> Общие сведения о процессе и области его практического применения. Равновесие в системе пар - жидкость. Ректификация. Принцип ректификации. Схемы установок периодической и непрерывной ректификации. Материальный баланс процесса ректификации. Тепловой баланс. Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовое число. Экстрактивная и азеотропная ректификация.	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	<u>Экстракция.</u> Общие сведения о процессе и области его практического применения. Классификация и конструкции экстракционных аппаратов.	2	Слайд-презентация
2	<u>Адсорбция.</u> 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.	2	Слайд-презентация
2	<u>Сушка.</u> Общие сведения о процессе и области его практического применения. Конвективная сушка. Формы связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. Диаграммы состояния влажного воздуха. Кинетические кривые сушки. Конструкции сушилок. Классификация. Контактная сушка. Сушка инфракрасными лучами (радиационная). Сушка токами высокой частоты.	6	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>Техническая гидравлика.</u> Гидростатика. Вязкость. Уравнение Бернулли. Потери давления на трение и местные сопротивления	6	-
1	<u>Насосы, вентиляторы.</u> Характеристика насоса, работа насоса на сеть. Рабочая точка.	4	-
1	<u>Самостоятельная работа по основам гидравлики.</u>	2	-
1	<u>Теплообмен.</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент	8	-

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Теплообменники.</u> Расчет теплоотдачи. Расчет теплообменника.	8	Слайд-презентация, групповая дискуссия
1	<u>Выпаривание.</u> Выпаривание. Материальный и тепловой балансы. Многокорпусное выпаривание.	6	Слайд-презентация, групповая дискуссия
1	<u>Контрольная работа по основам теплопередачи и выпаривания.</u>	2	-
2	<u>Массообменные процессы.</u> Массоотдача и массопередача. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила процесса.	2	-
2	<u>Абсорбция.</u> Материальный баланс. Расчет основных насадочных колонн.	2	-
2	<u>Самостоятельная работа по абсорбции.</u>	2	-
2	<u>Ректификация.</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет ректификационных колонн.	5	-
2	<u>Сушка.</u> Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы сушилки. Расчет различных вариантов конвективных сушилок	5	Слайд-презентация, групповая дискуссия
2	<u>Контрольная работа по ректификации и сушке.</u>	2	

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<u>Определение режимов течения.</u> Экспериментальное определение режима течения жидкости расчет числа Рейнольдса.	4	
1	<u>Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов.</u> Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений и коэффициента трения.	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<u>Изучение гидравлики взвешенного слоя.</u> Экспериментальное определение критической скорости газа и скорости уноса.	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>Определение характеристик центробежного вентилятора.</u> Экспериментальное определение характеристики вентилятора и характеристики сети, нахождение рабочей точки.	4	
1	<u>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике.</u> Экспериментальное определение зависимости критерия Нуссельта от критерия Рейнольдса для воздуха.	4	
1	<u>Испытание двухкорпусной выпарной установки.</u> Экспериментальное определение коэффициентов теплопередачи для первого и второго корпуса и удельного расхода греющего пара.	4	
1	<u>Коллоквиум 1.</u>	4	
2	<u>Определение коэффициента массопередачи в процессе абсорбции.</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в насадочной колонне.	4	
2	<u>Изучение процесса ректификации в тарельчатой колонне.</u> Экспериментальное определение флегмового числа и эффективности тарелки.	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<u>Испытание экстракционной установки.</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в роторно-дисковом экстракторе.	4	
2	<u>Изучение процесса адсорбции в противоточном колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента.</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в противоточном тарельчатом адсорбере.	4	
2	<u>Изучение процесса сушки в воздушной циркуляционной сушилке.</u> Экспериментальное определение скорости сушки и констант скорости сушки.	4	
2	<u>Исследование процесса сушки во взвешенном слое.</u> Экспериментальное определение удельного расхода воздуха и тепла в сушилке с взвешенным слоем материала.	4	
2	<u>Коллоквиум 2.</u>	4	
2	<u>Изучение работы компрессионной холодильной установки.</u> Экспериментальное определение параметров работы холодильной установки. Полного, полезного и теоретического холодильных коэффициентов.	4	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Перемещение жидкостей.	8	Коллоквиум 1.
1	Сжатие и перемещение газов.	6	Коллоквиум 1.
1	Конструкции теплообменников.	8	Коллоквиум 1.
1	Конструкции выпарных аппаратов	8	Коллоквиум 1.
1	Конструкции фильтров.	8	Коллоквиум 1.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Конструкции центрифуг.	8	Коллоквиум 1.
1	Циклоны, рукавные фильтры, мокрая очистка газов, электрофильтры	12	Коллоквиум 1.
1	Контрольная работа	6	Проверка контрольной работы
2	Кристаллизация	4	Коллоквиум 2.
2	Ионный обмен и мембранные процессы	5	Коллоквиум 2.
2	Контрольная работа	8	Проверка контрольной работы
2	Курсовое проектирование	42	Защита курсового проекта.

#### 4.4.1. Темы курсовых проектов.

Темы курсовых проектов:

расчет вакуум выпарной установки непрерывного действия;  
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 обучающимися 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 в пятом семестре и экзамена и курсового проекта в шестом семестре.

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

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

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

Пример варианта вопросов на зачете:

**Вариант № 1**

1. Экспериментальное определение режима течения капельной жидкости.
2. В чем различие в смысловом содержании уравнений теплопередачи и теплового баланса?

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 профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»	
20.03.01 Техносферная безопасность Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 3 Семестр 5	
Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»	
Экзаменационный билет № 1	
<b>1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.</b>	
<b>2. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения.</b>	
<b>3. Задача</b>	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор	О.М. Флисюк
_____ (подпись, дата)	

Пример контрольной задачи:

**Вариант №1**

В трубное пространство двухходового кожухотрубного теплообменника с трубами  $20 \times 2$  мм поступает  $2800$  кг/час диоксида углерода, который нагревается от  $23^{\circ}\text{C}$  до  $118^{\circ}\text{C}$ . В межтрубное пространство подается насыщенный водяной пар, абсолютное давление которого  $2,4$  кгс/см<sup>2</sup>. Общее число труб теплообменника равно  $370$ . Определить поверхность теплопередачи и расход греющего пара. Как изменится поверхность теплопередачи, если расход газа увеличить до  $3000$  кг/час? Принять, что коэффициент теплопередачи равен коэффициенту теплоотдачи для диоксида углерода.

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).

## **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:**

1. Моделирование технологических процессов: компьютерный практикум / О.М. Флисюк [и др.]. —СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2007. — 46 с.

### **в) вспомогательная литература:**

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. — 12-е изд.— М.: Альянс, 2005. -750 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов / В.Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В.Г. Айнштейна. — М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006.— Кн.1 — 912 с. Кн.2 — 872 с.
3. Волжинский, А.И. Ректификационные насадочные колонны: учебное пособие / А.И. Волжинский, В.А. Константинов. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. — 30 с.
4. 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.
5. Волжинский, А.И. Ректификационная установка периодического действия: учебное пособие / А.И. Волжинский, В.А. Константинов. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. — 47 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. Волжинский, А.И. Ректификация. Колонные аппараты с ситчато-клапанными тарелками: учебное пособие / А.И. Волжинский, А.В.Марков. — СПб.: СПбГТИ(ТУ),

2009.— 32 с.

9. Муратов, О.В. Расчет вакуум-выпарной установки: учебное пособие / О.В. Муратов, Е.И. Борисова. — СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. — 13 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:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

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 учебный 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 по  
дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>1</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>2</sup></b>
ОПК-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	промежуточный
ПК-1	Способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива	промежуточный
ПК-22	<b>Способность использовать законы и методы математики, естественных гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач</b>	промежуточный

<sup>1</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>2</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<p>Знает теоретические основы технологических процессов, химико-технологические процессы и их аппаратное оформление, основные физико-химические параметры, влияющие на производительность установок.</p> <p>Умеет рассчитывать материальные балансы соответствующих процессов, рассчитывать основные параметры отдельных аппаратов и технологической схемы в целом, обосновать выбор технологии и основного оборудования для организации процесса.</p> <p>Владеет навыками анализа вариантов схем проведения процессов.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-24 к зачету</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-36 к экзамену в 5-ом семестре.</p>	ОПК-1 ПК-1 ПК-22
Освоение раздела №2	<p>Знает теоретические основы технологических процессов, химико-технологические процессы и их аппаратное оформление, основные физико-химические параметры, влияющие на качество продукции и производительность установок.</p> <p>Умеет рассчитывать материальные балансы соответствующих процессов, рассчитывать основные параметры отдельных аппаратов и технологической схемы в целом, обосновать выбор технологии и основного оборудования для организации процесса.</p> <p>Владеет навыками анализа вариантов схем проведения процессов, навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов ПК.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-34 к экзамену в 6-ом семестре.</p> <p>Правильный выбор и расчет оборудования при курсовом проектировании.</p> <p>Правильный эскиз технологической схемы установки и чертеж теплообменника.</p> <p>Правильный ответ при защите курсового проекта.</p>	ОПК-1 ПК-1 ПК-22

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания –

«зачтено», «не зачтено».

промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная.

промежуточная аттестация проводится в форме курсового проекта, шкала оценивания – балльная.

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

#### **3.1 Зачет 5 – ый семестр.**

**Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-1, ПК-1, ПК-22:**

1. Экспериментальное определение режима течения капельной жидкости.
2. Физический смысл критерия Рейнольдса.
3. Объяснить устройство кожухотрубчатого теплообменного аппарата.
4. Пояснить смысл термических сопротивлений и проводимостей в процессе теплопередачи.
5. Что такое средняя разность температур теплоносителей?
6. В чем различие в смысловом содержании уравнений теплопередачи и теплового баланса?
7. На что расходуется механическая энергия, подводимая к потоку вещества?
8. Записать и объяснить потери энергии потоком вязкой жидкости.
9. Пояснить принцип измерения расхода с помощью дроссельного расходомера.
10. По каким измеряемым величинам вычисляют коэффициенты трения и местного сопротивления?
11. От каких величин зависит коэффициент трения?
12. Для чего служат центробежные вентиляторы и что такое их характеристики?
13. Что такое характеристика гидравлической сети?
14. Что такое рабочая точка при работе вентилятора на гидравлическую сеть?
15. Объяснить принцип действия и устройство трубки Пито-Прандтля.
16. Каким образом определяют экспериментально характеристики гидравлической сети?
17. Каким образом определяют экспериментально характеристики вентилятора.
18. Объяснить принцип действия барабанного вакуум-фильтра.
19. Какими свойствами должна обладать фильтровальная перегородка?
20. Какие силы действуют на частицу, взвешенную в потоке газа?
21. Объяснить принцип действия циклона.
22. Что такое псевдооживленный слой?
23. Какая скорость газа через слой частиц называется критической?
24. Как определить скорость уноса частиц взвешенного слоя?

#### **3.2 Экзамен 5 – ый семестр.**

**Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-1, ПК-1, ПК-22:**

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.
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. Расход энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам. Расчет величины требуемой разности давлений, создаваемых насосом или вентилятором.

9. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия.
10. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
11. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах. Местные сопротивления.
12. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
13. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
14. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (Уравнение Фурье-Кирхгофа).
15. Критерии теплового подобия. Их физический смысл.
16. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
17. Теплоотдача при конденсации пара (Конденсация на вертикальных и на горизонтальных трубках, конденсация в присутствии воздуха).
18. Теплоотдача при кипении жидкости. Критическая тепловая нагрузка.
19. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
20. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах.
21. Конструкции типовых теплообменных аппаратов.
22. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
23. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
24. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
25. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
26. Расчет площади поверхности и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
27. Температура кипения раствора в выпарном аппарате. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
28. Типовые конструкции выпарных аппаратов.
29. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
30. Многокорпусное выпаривание. Выбор числа корпусов.
31. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения.
32. Разделение неоднородных систем под действием силы тяжести. Пылеосадительные камеры и отстойники.
33. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Конструкции циклонов и центрифуг.
34. Способы очистки газов от пыли.
35. Фильтрация. Конструкции фильтров.
36. Способы разделения суспензий.

### **3.3 Экзамен 6 – ый семестр.**

#### **Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-1, ПК-1, ПК-22:**

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. 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. Сушильные 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. 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 СПП