

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.11.2023 13:20:30
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
« 16 » декабря 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки

28.03.03 Наноматериалы

Направленность программы бакалавриата

Дизайн, синтез и применение наноматериалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»
обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов
протокол от «15» 09 2020 № 2
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «11» 12 2020 № 4

Председатель

А. Н. Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Наноматериалы»		М. М. Сычев
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т. И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С. Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	5
3 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2 ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИКАТОРОВ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ РАЗДЕЛАМИ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4.3 Занятия лекционного типа.....	6
4.4 Занятия семинарского типа.....	8
4.4.1 Семинары, практические занятия	8
4.4.2 Лабораторные работы	9
4.5 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ	10
6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	10
7 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
8 ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	13
10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	13
10.1 Информационные технологии.....	13
10.2 Программное обеспечение	13
10.3 Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	13
12 ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	14

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

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-4 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке, модификации и эксплуатации	ПК-4.2 Знание основных технологических приёмов и аппаратов в химическом производстве	Знать: – теоретические основы гидромеханических, теплообменных процессов химической технологии (ЗН-1); – аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-2). Уметь: – определять основные характеристики технологического процесса (У-1); – анализировать варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2); Владеть: – навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.27) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины: "Физика", "Математика", "Физическая химия".

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

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/144
Контактная работа с преподавателем:	78
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	54
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	30
Форма текущего контроля	Кр
Форма промежуточной аттестации	Экзамен (36)

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Гидромеханические процессы	6	6	20	10	ПК-4
2	Тепловые процессы. Выпаривание	12	12	16	20	ПК-4

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-4.2	Гидромеханические процессы Тепловые процессы. Выпаривание

4.3 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Гидромеханические процессы Закон сохранения субстанции. Законы сохранения массы, энергии и количества движения. Вязкость жидкостей, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Режимы течения жидкостей. Основы теории подобия. Критерии подобия. Вывод критериев подобия. Уравнение Навье-Стокса. Формула Гагена-Пуазейля. Основное уравнение гидростатики. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.	6	Слайд-презентация
2	Тепловые процессы Теплопередача. Тепловой баланс. Перенос теплоты: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Уравнение конвективной	12	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<p>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.</p> <p>Выпаривание 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>		

4.4 Занятия семинарского типа

4.4.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Техническая гидравлика.</u> Гидростатика. Вязкость. Уравнение Бернулли. Потери давления на трение и местные сопротивления. Затраты энергии на транспортировку жидкостей и газов.	4	
1	<u>Насосы, вентиляторы.</u> Характеристика насоса, работа насоса на сеть. Рабочая точка.	2	
2	<u>Теплообмен.</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи.	4	
2	<u>Теплообменники.</u> Расчет теплоотдачи. Расчет теплообменника.	6	
2	<u>Выпаривание.</u> Материальный и тепловой балансы.	2	

4.4.2 Лабораторные работы

№ 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	
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 характеристик центробежного вентилятора.</u> Экспериментальное определение характеристики вентилятора и характеристики сети, нахождение рабочей точки.	4	
2	<u>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике.</u> Экспериментальное определение зависимости критерия Нуссельта от критерия Рейнольдса для воздуха.	4	
2	<u>Испытание двухкорпусной выпарной установки.</u> Экспериментальное определение коэффициентов теплопередачи для первого и второго корпуса и удельного расхода греющего пара.	4	
2	<u>Изучение работы компрессионной холодильной установки.</u> Экспериментальное определение параметров работы холодильной установки. Полного, полезного и теоретического холодильных коэффициентов.	4	
2	<u>Коллоквиум 1.</u>	4	

4.5 Самостоятельная работа обучающихся

№ 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.	5	Устный опрос
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения. Конструкции аппаратов для разделения неоднородных систем.	5	Устный опрос
2	Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Продольное и поперечное обтекание.	10	Устный опрос
2	Теплоотдача при конденсации и теплоотдача при кипении.	10	Устный опрос

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте:

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

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

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

Экзамен предусматривают проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает билет, состоящий из двух вопросов из перечня вопросов и задачи, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, время решения задачи до 50 мин.

Пример варианта экзаменационного билета:

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»	
28.03.03 Наноматериалы Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 3 Семестр 5	
Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» Экзаменационный билет № 1 1. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. 2. Конструкции теплообменников. 3. Задача	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор	О.М. Флисюк _____ (подпись, дата)

Пример варианта задачи

В трубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника охлаждается жидкость от температуры $t_{1н}$ до $t_{1к}$. Расход жидкости G_1 . В межтрубное пространство противотоком поступает вода среднего качества, которая нагревается от $t_{2н}$ до $t_{2к}$. Коэффициент теплоотдачи к воде равен α_2 . Средняя температура стенки труб со стороны жидкости $t_{ст1}$.

Определить необходимую площадь поверхности теплопередачи теплообменного аппарата и расход охлаждающей воды, если число труб в аппарате n , а их диаметр d . Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания

1. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»: учебное пособие для вузов / В.Ф. Фролов. — 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2008. — 608 с. — ISBN 978-5-93808-158-1.
2. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. — Санкт-Петербург: Химиздат, 2010. — 544 с. — ISBN 978-5-93808-165-9.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум: учебное пособие / О. М. Флисюк, В. Ф. Фролов, О. В. Муратов [и др.] ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2010. - 142 с.

б) электронные издания

1. Оборудование для транспортировки жидкостей и газов: учебное пособие / Е. И. Борисова, О. П. Банных, О. Н. Круковский, О. В. Гилевская ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2017. — 27 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) – (дата обращения: 13.04.2020).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Банных, О. П. Расчет теплообменных аппаратов: методические указания к курсовому проектированию / О. П. Банных, Е. И. Борисова, О. В. Муратов ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2014. — 56 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) – (дата обращения: 13.04.2020).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 05.12.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

Лань : электронно - библиотечная система : сайт. – Санкт-Петербург, 2016 –. – URL: [https:// e.lanbook.com](https://e.lanbook.com) (дата обращения: 19.02.2018).

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Процессы и аппараты химических производств» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2 Программное обеспечение

- Microsoft Office 2013 sp1 (Microsoft Word, Microsoft Excel);
- Mathcad 14;
- Autodesk AutoCAD 2016.

10.3 Базы данных и информационные справочные системы

1. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
2. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.

11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы

Для проведения 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
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-4	Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке, модификации и эксплуатации.	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-4.2 Знание основных технологических приёмов и аппаратов в химическом производстве	Знать: теоретические основы гидромеханических, теплообменных процессов химической технологии (ЗН-1).	Ответы на вопросы № 1-9, 12-14, 17 к экзамену.	Имеет представление об основных законах гидравлики, теплопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.	Знает основные уравнения гидромеханики и теплопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл.	Знает вывод основных уравнений гидромеханики и теплопередачи. Может сформулировать допущения и условия их применимости.
	Знать: аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 22, 31 к экзамену.	Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов.	Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов.	Знает особенности конструкций аппаратов для реализации гидромеханических и теплообменных процессов. Способен сформулировать требования к конструкции аппаратов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Уметь: определять основные характеристики технологического процесса (У-1).	Ответы на вопросы № 10, 11, 15, 16, 18 к экзамену.	Имеет представление о характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных.	Может определить основные характеристики технологических процессов: гидромеханических, теплообменных.	Способен выбирать, обосновывать методы расчёта характеристик технологических процессов
	Уметь: анализировать варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2).	Ответы на вопросы № 27, 28, 30 к экзамену.	Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.	Изображает и дает сравнительную характеристику технологических схем основных процессов химических производств.	Способен модифицировать технологические схемы процессов химических производств при заданных требованиях к реализации процессов.
	Владеть: навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).	Ответы на вопросы № 19-21, 26 к экзамену.	Имеет представление о методах расчёта аппаратов химической технологии.	Выполняет расчеты основных размеров теплообменных аппаратов по соответствующим методикам.	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и условия проведения процесса.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

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

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4.

Вопросы к экзамену

1. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода.
2. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
4. Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
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. Критерии гидродинамического подобия. Их физический смысл.
10. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе. Местные сопротивления.
11. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
12. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
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 и при кипении жидкости. Кризис кипения
17. Основное уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
18. Средняя разность температур в теплообменном аппарате.
19. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
20. Расчет поверхности теплопередачи и расхода охлаждающей воды в кожухотрубном холодильнике для системы ж-ж.
21. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
22. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
23. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
24. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
25. Температура кипения раствора. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
26. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.
27. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.

28. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
29. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы
30. Выпаривание с термокомпрессией вторичного пара.
31. Конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.

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

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