

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 21.09.2023 14:02:35
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**
« 21 » января 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность программы бакалавриата

Автоматизация технологических процессов и производств

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты» обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов
протокол от «29.12» 2021 № 4
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «18.01» 2022 № 6

Председатель

А. Н. Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		О. А. Ремизова
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М. З. Труханович
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	7
4.4.1 Семинары, практические занятия.....	7
4.4.2 Лабораторные работы.....	7
4.5 Самостоятельная работа обучающихся.....	8
4.6 ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	9
4.7 ПРИМЕРЫ ВАРИАНТОВ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	9
5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	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 ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»	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)
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование.	ОПК-9.6 Знает теоретические основы типовых химико-технологических процессов, способен выполнять их расчеты и выбирать аппаратное оформление.	Знать: – основные зависимости и расчетные соотношения для определения характеристик типовых химико-технологических процессов (ЗН-1); – теоретические основы типовых химико-технологических процессов (ЗН-2); – аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-3). 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); – навыками обоснованного выбора параметров типовых химико-технологических процессов (Н-2).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.О.30) и изучается на 3 курсе в летней сессии и на 4 курсе в зимней и летней сессиях.

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

Полученные в процессе изучения дисциплины "Процессы и аппараты" 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)	6/216
Контактная работа с преподавателем:	18
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	12
семинары, практические занятия	6
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	6
курсовое проектирование (КР или КП)	КП(2)
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	185
Форма текущего контроля	Кр (2)
Форма промежуточной аттестации	Зачет (4), экзамен (9), КП

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	1	1	-	24	ОПК-9
2	Теплообменные процессы.	1	1	2	105	ОПК-9
3	Массообменные процессы	2	4	4	56	ОПК-9

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ОПК-9.6	Гидромеханические процессы. Теплообменные процессы. Массообменные процессы

4.3 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Гидромеханические процессы Основные понятия и уравнения гидравлики. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет мощности насоса (вентилятора).	1	Слайд-презентация
2	Теплообменные процессы Тепловой баланс. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Механизмы переноса теплоты. Типовые случаи конвективного теплообмена. Расчет теплообменной аппаратуры.	1	Слайд-презентация
3	Массообменные процессы Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчёта массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация)	2	Слайд-презентация

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> Уравнение расхода. Режимы течения жидкости. Потери давления на трение и местные сопротивления. Затраты энергии на транспортировку жидкостей и газов.	1	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
2	<u>Основы теплопередачи</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов	1	-
3	<u>Основы массопередачи. Абсорбция.</u> Расчет насадочных абсорберов.	2	-
3	<u>Ректификация</u> Материальный и тепловой балансы. Расчет тарельчатых ректификационных колонн	2	-

4.4.2 Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	<u>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике</u> Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи и численных значений коэффициентов в критериальном уравнении.	2		
3	<u>Абсорбция.</u> Экспериментальное определение гидродинамических и массообменных характеристик насадочного абсорбера.	4		

4.5 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Основы теории подобия. Критерии подобия. Уравнение Бернулли. Приложения уравнения Бернулли.	10	Устный опрос
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения. Конструкции аппаратов для разделения неоднородных систем.	10	Устный опрос
2	Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.	8	Устный опрос
2	Теплоотдача при конденсации пара и при кипении жидкости	8	Устный опрос
2	Методы интенсификации процессов теплопередачи	8	Устный опрос
2	Промышленные способы нагрева и охлаждения в химической технологии.	8	Устный опрос
2	Конструкции теплообменных аппаратов	8	Устный опрос
2	Выпаривание. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок.	5	Устный опрос
2	Многокорпусное выпаривание. Схемы установок. Сравнительная характеристика. Оптимальное число корпусов.	5	Устный опрос
2	Классификация и конструкции основных типов выпарных аппаратов.	5	Устный опрос
3	Расчет основных размеров массообменных аппаратов	8	Устный опрос
3	Классификация и основные конструкции массообменных аппаратов	8	Устный опрос
3	Теоретически минимальный и рабочий расходы жидкости на орошение абсорбционной колонны.	6	Устный опрос
3	Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.	8	Устный опрос
3	Конвективная сушка. Конструкции конвективных сушилок.	6	Устный опрос
3	Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме I-х.	6	Устный опрос
3	Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.	4	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Контактная сушка. Сушка инфракрасными лучами (радиационная). Сушка токами высокой частоты. Сублимационная сушка	6	Устный опрос
2,3	Решение 2 контрольных работ.	8	Проверка работ
2,3	Выполнение курсового проекта.	50	Защита курсового проекта

4.6 Темы контрольных работ

1. Расчет мощности насоса.
2. Расчет высоты насадочного абсорбера.

4.7 Примеры вариантов контрольных задач

1. Определить (потребляемую) мощность насоса при подаче $3.6 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ толуола при температуре 15°C на высоту 14 м в ёмкость с избыточным давлением 140 мм рт. ст. по трубопроводу $\varnothing 32 \times 1.5$ мм общей длиной 250 метров. На трубопроводе имеются: 1 задвижка, 4 внезапных поворота и 2 плавных поворота радиусом 175 мм. Коррозия труб незначительная. КПД насоса равен 0.68.

2. Вычислить необходимую высоту насадочного абсорбера для поглощения паров метанола (целевой компонент, ЦК) из потока воздуха водой. Диаметр абсорбера $D = 1$ м, удельная поверхность используемой насадки $\sigma = 140 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}$. Температура процесса $t = 15^\circ\text{C}$. Расход воздуха $V = 1500 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ при нормальных условиях. Концентрации метанола в воздухе на входе и выходе из абсорбера составляют $Y_n = 0.06 \frac{\text{кмоль метанола}}{\text{кмоль воздуха}}$ и $Y_e = 0.006 \frac{\text{кмоль метанола}}{\text{кмоль воздуха}}$

Содержание метанола в подаваемой на слой насадки воде равно нулю. Коэффициент смачивания насадки составляет 85%, коэффициент избытка поглотителя равен 0.85. Коэффициент массопередачи паров метанола от воздуха к воде.

$K_y = 0.333 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кмоль метанола}}{\left(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \frac{\text{кмоль метанола}}{\text{кмоль воздуха}} \right)}$ Линейная равновесная

зависимость имеет вид $Y^*(X) = 1.20X$ в мольных долях метанола в воздухе и в воде.

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 зачета на 4 курсе в зимней сессии и в форме экзамена и защиты курсового проекта на 4 курсе в летней сессии.

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

К зачёту допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Зачёт предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются двумя теоретическими вопросами из перечня вопросов.

Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачёте:

Вариант № 1
<ol style="list-style-type: none">1. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.2. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика

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)»	
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 4 Семестр 8	
Дисциплина «Процессы и аппараты» Экзаменационный билет № 1	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы. 2. Влияние расхода флегмы на движущую силу, процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды. 3. Задача. 	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор (подпись, дата)	_____ О.М. Флисюк

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/см². Степень сухости пара 98%. Начальная температура воды, поступающей в дефлегматор 15 °С, конечная температура воды 25 °С. Коэффициент теплопередачи в дефлегматоре $K=800$ Вт/м²·К.

Принять, что количество теплоты, подводимой в куб, равно количеству теплоты, передаваемой в дефлегматор.

Определить:

- расход дистиллята;
- расход греющего пара;
- расход воды в дефлегматоре;
- поверхность теплопередачи дефлегматора

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 978-5-93808-182-6.
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.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для химико-технологических спец. вузов / Г.С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. — Стер. изд., [Перепеч. с изд. 1991 г.]. — Москва: Альянс, 2015. — 496 с. — ISBN 978-5-903034-87-1.

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> (дата обращения: 13.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия: учебное пособие / О.М. Флисюк, В. Ф. Фролов, В. В. Фомин, Е.И. Борисова; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2014. — 47 с. // СПбГТИ: электронная библиотека - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 13.10.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. 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> (дата обращения: 13.10.2020). - 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> (дата обращения: 19.02.2018).

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Процессы и аппараты» 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.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

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»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-9	Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	промежуточный

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

2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении зачета на 4 курсе в зимней сессии.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)
			«удовлетворительно» (пороговый)
ОПК-9.6 Знает теоретические основы типовых химико-технологических процессов, способен выполнять их расчеты и выбирать аппаратное оформление	Знает основные зависимости и расчетные соотношения для определения характеристик типовых химико-технологических процессов (ЗН-1).	Ответы на вопросы № 1, 4, 5, 7, 14, 16 к зачету	Имеет представление об уравнениях материальных и тепловых балансах гидромеханических и теплообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.
	Знает теоретические основы типовых химико-технологических процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 19-29, 38 к зачету	Имеет представление об основных законах гидравлики, теплопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.
	Знает аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-3).	Ответы на вопросы № 32, 37, 39, 40 к зачету	Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)
			«удовлетворительно» (пороговый)
	Умеет определять основные характеристики технологического процесса (У-1).	Ответы на вопросы № 2, 3, 6, 8-10, 13, 17 к зачету	Имеет представление об основных характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных.
	Умеет анализировать варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2).	Ответы на вопросы № 33, 36 к зачету	Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.
	Владеет навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).	Ответы на вопросы № 11, 12, 15, 18 к зачету.	Имеет представление о методах расчёта аппаратов химической технологии.
	Выполняет обоснованный выбор параметров типовых технологических процессов (Н-2).	Ответы на вопросы № 30, 31, 34, 35 к зачету	Имеет представление о параметрах гидромеханических и теплообменных процессов.

2.2 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена на 4 курсе в летней сессии

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-9.6 Знает теоретические основы типовых химико-технологических процессов, способен выполнять их расчеты и выбирать аппаратное оформление	Знает основные зависимости и расчетные соотношения для определения характеристик типовых химико-технологических процессов (ЗН-1).	Ответы на вопросы № 6, 8, 9, 10, 12 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление об уравнениях материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.	Знает уравнения материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Даёт пояснение их назначению, может их записать и объяснить физический смысл.	Знает вывод уравнений материальных и тепловых балансах массообменных процессов. Может сформулировать допущения и условия их применимости
	Знает теоретические основы типовых химико-технологических процессов (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 17-22, 26, 29, 34 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление об основных законах массопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач.	Знает основные уравнения массопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл.	Знает вывод основных уравнений массопередачи. Может сформулировать допущения и условия их применимости
	Знает аппаратное оформление основных технологических процессов (ЗН-3).	Ответы на вопросы № 24, 31, 35, 36 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения массообменных процессов.	Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения массообменных процессов	Знает особенности конструкций аппаратов для реализации массообменных 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)
	Умеет определять основные характеристики технологического процесса (У-1).	Ответы на вопросы № 1, 5, 7, 11, 13-16 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление об основных характеристиках массообменных процессов.	Может определить основные характеристики массообменных процессов	Способен обоснованно выбрать методы расчёта характеристик массообменных процессов.
	Умеет анализировать варианты технологических схем основных процессов химических производств (У-2).	Ответы на вопросы № 25, 27, 33 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.	Изображает и дает пояснения к технологическим схемам основных процессов химических производств	Дает сравнительные характеристики и анализирует технологические схемы процессов химических производств
	Владеет навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1).	Ответы на вопросы № 2-4 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление о методах расчёта массообменных аппаратов химической технологии.	Выполняет расчеты основных размеров массообменных аппаратов по соответствующим методикам	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и условия проведения процесса.
	Выполняет обоснованный выбор параметров типовых	Ответы на вопросы № 23, 28, 30, 32 к экзамену,	Имеет представление о параметрах массообменных процессов.	Может выбрать параметры массообменных процессов	Способен обосновать и проанализировать выбранные параметры массообменных процессов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	технологических процессов (Н-2).	защита курсового проекта			

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета **на 4 курсе в зимней сессии**, для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций, и в форме защиты курсового проекта и сдачи экзамена **на 4 курсе в летней сессии**, шкала оценивания – балльная.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета на 4 курсе в зимней сессии

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-9:

1. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода.
2. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
3. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе. Местные сопротивления.
4. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
5. Приложения уравнения Бернулли (трубка Пито-Прандтля, мерная диафрагма).
6. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
7. Виды переноса теплоты. Тепловые балансы
8. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
9. Теплоотдача при конденсации пара.
10. Теплоотдача при кипении жидкости. Кризис кипения.
11. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
12. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного холодильника для системы ж-ж.
13. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
14. Однокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
15. Расчет площади поверхности теплопередачи выпарного аппарата.
16. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
17. Многокорпусное выпаривание. Выбор числа корпусов.
18. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
19. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
20. Закон вязкого трения. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
21. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье-Стокса).
22. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия.
23. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
24. Закон теплопроводности Фурье.
25. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
26. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (уравнение Фурье-Кирхгофа).
27. Вывод критериев теплового подобия. Их физический смысл.
28. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.

29. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах. Вывод формулы.
30. Расчет расхода греющего пара в паровом кожухотрубном подогревателе жидкостей.
31. Расчет расхода охлаждающей воды в кожухотрубном холодильнике для системы ж-ж.
32. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов.
33. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
34. Выпаривание. Температура кипения раствора в выпарном аппарате. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
35. Расчет расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе
36. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
37. Типовые конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.
38. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения.
39. Гидромеханические методы очистки газов от пыли. Типовые конструкции аппаратов.
40. Гидромеханические методы разделения суспензий. Типовые конструкции аппаратов.

3.2 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена на 4 курсе в летней сессии

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-9:

1. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
2. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
3. Расчет насадочной колонны. Определение высоты и диаметра.
4. Расчет тарельчатой колонны. Определение высоты и диаметра.
5. Коэффициент обогащения тарелки.
6. Абсорбция. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии.
7. Как определить экспериментально коэффициент массопередачи в насадочной абсорбционной колонне.
8. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
9. Тепловой баланс ректификационной колонны.
10. Материальный баланс конвективной сушки.
11. Конвективная сушка. Удельный расход сушильного агента.
12. Тепловой баланс конвективной сушки.
13. Конвективная сушка. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.
14. Кинетика процесса конвективной сушки.
15. Расчет времени процесса конвективной сушки.
16. Как определить экспериментально объемный коэффициент массопередачи в противоточном адсорбере со взвешенным слоем адсорбента?
17. Общая характеристика массообменных процессов. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие.

18. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии массообменного процесса.
19. Движущая сила и направление массообменного процесса.
20. Механизмы переноса вещества. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
21. Подобие массообменных процессов. Критерии подобия.
22. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи
23. Теоретически минимальный и рабочий расходы жидкости на орошение абсорбционной колонны.
24. Аппаратурное оформление процесса абсорбции. Сравнительная характеристика абсорберов.
25. Схема непрерывно действующей абсорбционно-десорбционной установки.
26. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром.
27. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
28. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды в ректификационной колонне.
29. Ректификация. Теоретически минимальное и рабочее флегмовые числа.
30. Влияние расхода флегмы на движущую силу процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
31. Конструкции тарелок ректификационной колонны и их сравнительная характеристика.
32. Основные параметры влажного воздуха и их определение по диаграмме I-x.
33. Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.
34. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме I-x.
35. Конструкции конвективных сушилок.
36. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.

4. Темы курсовых проектов:

1. Проектирование вакуум-выпарной установки.
2. Проектирование ректификационной установки.

5. 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.

Выполнение курсового проекта по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.