

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 14.11.2023 13:29:24
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
«27» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии**

Направленность программы бакалавриата – все направленности

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург

2021

Б1.О.27

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент О.П. Банных

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты» обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов
протокол от «17» 05 2021 № 6
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «25» 05 2021 № 8
Председатель

А. Н. Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д.А. Смирнова
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	9
4.4.1 Семинары, практические занятия	9
4.4.2 Лабораторные работы	100
4.5 Самостоятельная работа обучающихся	122
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	122
7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	144
8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	144
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	155
10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	155
10.1 Информационные технологии	155
10.2 Программное обеспечение	155
10.3 Базы данных и информационные справочные системы.....	155
11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	155
12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	155
Приложение №1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Процессы и аппараты »	176

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-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1: Выбор и расчет оборудования для проведения химико-технологического процесса	Знать: – теоретические основы процессов химической технологии (гидромеханических, теплообменных массообменных), -аппаратурное оформление основных химико-технологических процессов. (ЗН-1); Уметь: – определять основные параметры, влияющие на качество продукции, производительность аппарата и энергозатраты; -выбирать оборудование для организации процесса. (У-1); Владеть: – навыками расчета основных аппаратов химической технологии. (Н-1).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений (**Б1.О.27**) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

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

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)	12/432
Контактная работа с преподавателем:	228
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	
семинары, практические занятия	68
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	68
курсовое проектирование (КР или КП)	16
КСР	8
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	132
Форма текущего контроля	КП
Форма промежуточной аттестации	Экзамен, экзамен, КП(72)

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	16	16	16	30	ОПК-2
2	Теплообменные процессы.	20	20	20	33	ОПК-2
3	Массообменные процессы	32	32	32	69	ОПК-2

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ОПК-2.1	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 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. Приложения уравнения Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Конструкции насосов,	16	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<p>вентиляторов, компрессоров.</p> <p>Разделение жидких и газовых неоднородных систем. Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем и их экологическое значение.</p>		
2	<p>Теплообменные процессы</p> <p>Теплопередача. Тепловой баланс. Перенос теплоты: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Уравнение конвективной теплопроводности. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Средняя разность температур. Подобие 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. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок. Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Классификация и конструкции основных типов выпарных аппаратов.</p>	20	Слайд-презентация
3	<p>Массообменные процессы</p> <p>Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз: газ (пар - жидкость, жидкость - жидкость). Законы фазового равновесия. Направление протекания массообменных процессов. Молекулярная и конвективная диффузия. Основное уравнение масоопередачи. Материальный баланс и уравнение линии рабочих концентраций. Движущая сила массообменных процессов. Профиль концентраций в турбулентном потоке. Гидродинамический и диффузионный пограничные слои. Понятие о турбулентной диффузии. Теоретические модели переноса массы. Уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Критериальное уравнение массоотдачи. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций.</p>	32	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Конструкции абсорберов. . Равновесие в системе пар - жидкость. Ректификация. Принцип ректификации. Схемы установок периодической и непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа. Экстракция. Общие сведения о процессе и области его практического применения. Классификация и конструкции экстракционных аппаратов. Адсорбция. 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. 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.</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. Уравнение расхода. Режим течения жидкости. Уравнение Бернулли и его приложения. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Мощность насосов и вентиляторов.	16	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
2	<u>Основы теплопередачи</u> Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет теплообменных аппаратов	12	-
2	<u>Выпаривание.</u> Материальный и тепловой балансы. Теплопередача в выпарных аппаратах.	6	-
2	<u>Контрольная работа</u> Расчет теплообменных аппаратов.	2	-
3	<u>Основы массопередачи</u> Массоотдача и массопередача. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила процесса.	6	-
3	<u>Абсорбция.</u> Материальный баланс. Расчет абсорберов	8	-
3	<u>Ректификация</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет ректификационных колонн	8	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	<u>Сушка.</u> Конвективная сушка. Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы. Расчет различных вариантов конвективных сушилок.	8	-
3	<u>Контрольная работа</u> Ректификация и сушка	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	
1	<u>Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов</u> Экспериментальное определение коэффициента трения и коэффициентов местных сопротивлений	6		
1	<u>Изучение работы барабанного вакуум-фильтра непрерывного действия.</u> Экспериментальное определение констант фильтрования	6		
1	<u>Определение характеристик центробежного вентилятора</u> Экспериментальное определение характеристик вентилятора и характеристики сети, определение параметров рабочей точки.	6		
2	<u>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике</u> Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи и численных значений коэффициентов в критериальном уравнении.	6		
3	<u>Абсорбция.</u> Экспериментальное исследование гидродинамических и массообменных характеристик насадочного абсорбера.	6		
3	<u>Моделирование процесса абсорбции на ПК.</u> Исследование влияния параметров процесса абсорбции на коэффициент массопередачи	6		
3	<u>Ректификация</u> Экспериментальное определение основных показателей работы тарельчатой ректификационной колонны.	6		
3	<u>Моделирование процесса ректификации на ПК</u> Исследование влияния параметров процесса ректификации на составы продуктов и производительность установки.	4		
3	<u>Экстракция.</u> Экспериментальное определение	6		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	коэффициента массопередачи в роторно-дисковом экстракторе.			
3	<u>Моделирование процесса экстракции на ПК</u> Исследование влияния параметров процесса экстракции на производительность установки.	4		
3	<u>Адсорбция</u> Экспериментальное определение коэффициента массопередачи в противоточном колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента.	6		
3	<u>Сушка</u> Экспериментальное определение основных характеристик процесса сушки в кипящем слое.	6		

4.5 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Транспортировка жидкостей и газов по трубопроводам. Конструкции насосов и вентиляторов.	20	Устный опрос
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения. Конструкции аппаратов для разделения неоднородных систем.	16	Устный опрос
2	Методы интенсификации процессов теплопередачи	20	Устный опрос
2	Промышленные способы нагрева и охлаждения в химической технологии.	16	Устный опрос
2	Многокорпусное выпаривание.	20	Устный опрос
3	Конструкции абсорберов	16	Устный опрос
3	Конструкции сушилок	24	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 в 5 семестре, и в форме защиты курсового проекта и экзамена в 6 семестре.

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)»	
27.03.04 Управление в технических системах Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 3 Семестр 5	
Дисциплина «Процессы и аппараты» Экзаменационный билет № 1	
1. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.	
2. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика	
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.

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).

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.

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-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	промежуточный

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

2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена в 5 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-2.1: Выбор и расчет оборудования для проведения химико-технологического процесса	Знает теоретические основы процессов химической технологии (гидромеханических, теплообменных массообменных), -аппаратурное оформление основных химико-технологических процессов. (ЗН-1);	Ответы на вопросы № 1, 4, 5, 7, 11,12,14,16,18, 19-29, 32, 37, 38, 39, 40 к экзамену.	Имеет представление об уравнениях материальных и тепловых балансах гидромеханических и теплообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление об основных законах гидравлики,	Знает уравнения материальных и тепловых балансах гидромеханических и теплообменных. Даёт пояснение их назначению, может их записать и объяснить физический смысл. Знает основные уравнения гидромеханики и теплопередачи. Даёт	Знает вывод уравнений материальных и тепловых балансах гидромеханических и теплообменных процессов. Может сформулировать допущения и условия их применимости. Знает особенности конструкций аппаратов для

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			<p>теплопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов.</p>	<p>пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл. Разбирается в принципах действия и конструкциях основных аппаратов для проведения гидромеханических и теплообменных процессов</p>	<p>реализации гидромеханических и теплообменных процессов. Способен сформулировать требования к конструкции аппаратов.</p>

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 параметры, влияющие на качество продукции, производительность аппарата и энергозатраты; -выбирать оборудование для организации процесса. (У-1);	Ответы на вопросы № 2, 3, 6, 8-10, 13, 17,33,36 к экзамену.	Имеет представление об основных характеристиках типовых технологических процессов: гидромеханических, теплообменных. Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.	Может определить основные характеристики технологических процессов: гидромеханических, теплообменных. Изображает и дает пояснения к технологическим схемам основных процессов химических производств.	Способен обоснованно выбрать методы расчёта характеристик технологических процессов. Дает сравнительные характеристики и анализирует технологические схемы процессов химических производств.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет навыками расчета основных аппаратов химической технологии. (Н-1);	Ответы на вопросы № 11, 12, 15, 18, 30, 31, 34, 35 к экзамену.	Имеет представление о методах расчёта аппаратов химической технологии. Имеет представление о параметрах гидромеханических и теплообменных процессов, подлежащих	Выполняет расчеты основных размеров теплообменных аппаратов по соответствующим. Изображает и дает пояснения к технологическим схемам основных процессов химических	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их конструкции и условия проведения процесса. Способен обосновать и проанализировать

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			контролю и регулированию.	производств. методикам.	выбранные параметры гидромеханических и теплообменных процессов, подлежащих контролю и регулированию

2.2 Показатели и критерии оценивания компетенций при проведении экзамена в 6 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-2.1: : Выбор и расчет оборудования для проведения химико-	Знает теоретические основы процессов химической технологии (гидромеханических,	Ответы на вопросы № 6, 8, 9, 10, 12, 17-22, 24, 26, 29,	Имеет представление об уравнениях материальных и	Знает уравнения материальных и тепловых балансах	Знает вывод уравнений материальных и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
технологического процесса	теплообменных массообменных), -аппаратурное оформление основных химико-технологических процессов. (ЗН-1);	31, 34,35, 36 17-22, 24, 26, 29, 31, 34,35, 36 к экзамену, защита курсового проекта	тепловых балансах массообменных процессов. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление об основных законах массопередачи. Может выбрать уравнения для решения требуемых инженерных задач. Имеет представление о типовых конструкциях аппаратов для проведения массообменных процессов.	массообменных процессов. Даёт пояснение их назначению, может их записать и объяснить физический смысл.	тепловых балансах массообменных процессов. Может сформулировать допущения и условия их применимости. вывод основных уравнений массопередачи. Может сформулировать допущения и условия их применимости. 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 параметры, влияющие на качество продукции, производительность аппарата и энергозатраты; -выбирать оборудование для организации процесса (У-1);	Ответы на вопросы № 1, 5, 7, 11, 13-16, 25, 27, 33, 25, 27, 33 к экзамену, защита курсового проекта	Имеет представление об основных характеристиках типовых массообменных технологических процессов. Имеет представление о типовых технологических схемах основных процессов химических производств.	Может определить основные характеристики технологических процессов: массообменных процессов. Знает основные уравнения массопередачи. Даёт пояснение их назначению, может из записать и объяснить физический смысл. Разбирается в принципах действия и конструкция основных аппаратов для проведения массообменных процессов	Способен обоснованно выбрать методы расчёта характеристик массообменных технологических процессов.
	Владеет навыками расчета основных аппаратов химической технологии (Н-1);	Ответы на вопросы № 2-4, 23, 28, 30, 32, 23, 28, 30, 32 к экзамену, защита	Имеет представление о методах расчёта аппаратов химической технологии. Имеет представление о	Выполняет расчеты основных размеров теплообменных аппаратов по соответствующим методикам. Может	Способен анализировать и выбирать методы расчёта аппаратов, учитывая особенности их

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
		курсового проекта	параметрах массообменных процессов, подлежащих контролю и регулированию.	выбрать параметры массообменных процессов, подлежащих контролю и регулированию	конструкции и условия проведения процесса.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена в 5 семестре, шкала оценивания – балльная и в форме защиты курсового проекта и сдачи зачета в 6 семестре. Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

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

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-2:

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 в 6 семестре

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-2:

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-х.
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.