

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 01.02.2024 15:16:28
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c0740d27e95017826a84

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

«03» июля 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ**

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация:

**№ 20 "Проектирование технологических комплексов производства
энергонасыщенных материалов"**

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **механический**

Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт Петербург

2020

Б1.В.05

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты» обсуждена на заседании кафедры процессов и аппаратов

протокол от «__» __2020г. №
Заведующий кафедрой

О. М. Флисюк

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «30» 06 2020г. № 12

Председатель

А. Н. Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель программы подготовки по специальности «Проектирование технологических машин и комплексов»		Н. А. Незамаев
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т. И. Богданова
Начальник УМУ		С. Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3	Объем дисциплины.....	5
4	Содержание дисциплины.....	6
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2	Занятия лекционного типа	6
4.3	Занятия семинарского типа	10
4.4	Самостоятельная работа обучающихся.....	13
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	13
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	15
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	16
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	16
10.1	Информационные технологии.....	16
10.2	Программное обеспечение.....	17
10.3	Базы данных и информационные справочные системы	17
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	17
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	17
	Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	18

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

В результате освоения образовательной программы подготовки специалистов обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Процессы и аппараты»:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-5	способностью выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	<p>Знать: типы промышленных теплоносителей и их основные характеристики. принципы энерго-ресурсосбережения при реализации процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: выбирать промышленные теплоносители для проведения процессов теплообмена. разрабатывать эффективные технологические схемы проведения химико-технологических процессов.</p> <p>Владеть: навыками сравнительной оценки теплоносителей и их выбора. навыками оценки эффективности использования энергоресурсов.</p>
ПК-14	способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения	<p>Знать основы теории гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов. инженерные методы расчета основных процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: использовать методы гидравлического расчёта трубопроводов и аппаратов. использовать методы и алгоритмы расчёта теплообменных аппаратов. использовать методы расчёта массообменных аппаратов.</p> <p>Владеть: навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ПК.</p>

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Процессы и аппараты" относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.05) и изучается на 3 курсе в 6 семестре и на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины "Физика", "Математика", "Химия", "Техническая термодинамика и теплотехника".

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

3 Объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/288
Контактная работа с преподавателем:	146
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т. ч.	90
семинары, практические занятия	54
лабораторные работы	36
курсовое проектирование КРП (КП)	18
КСР	2
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	115
Форма текущего контроля (Кр, коллоквиум)	Кр (2)
Форма промежуточной аттестации (зачет, КП, экзамен)	Зачет, экзамен(27)

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Гидромеханические процессы	8	6	20	25	ПК-14
2	Тепловые процессы. Выпаривание	10	12	16	45	ПК -5,
3	Массообменные процессы	18	36	-	45	ПК-14

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Общие вопросы прикладной гидравлики.</u> Основное уравнение гидростатики. Вязкость жидкостей, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Формула Гагена-Пуазейля. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Подобие течений, критерии	4	Слайд-презентация
1	<u>Расчет гидравлического сопротивления трубопроводов.</u> Расчет потерь давления на трение и местные сопротивления. Мощность, потребляемая электродвигателем насоса или вентилятора.	2	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Разделение неоднородных систем.</u> Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем. Отстаивание, формула Стокса для скорости осаждения. Пылеосадительные камеры и отстойники. Фильтрация суспензий, типовые конструкции фильтров. Центрифугирование. Гидромеханические методы очистки газов.	2	Слайд-презентация
2	<u>Общие вопросы переноса теплоты.</u> Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Дифференциальное уравнение Фурье-Кирхгофа. Подобие теплообменных процессов. Критерии теплового подобия.	2	Слайд-презентация
2	<u>Расчет процессов теплоотдачи.</u> Теплоотдача при вынужденном движении жидкостей и газов по трубам и каналам. Теплоотдача при поперечном обтекании пучка труб. Теплоотдача при естественной конвекции. Кипение жидкостей, кризис кипения. Теплоотдача при конденсации на вертикальных и горизонтальных поверхностях.	3	Слайд-презентация
2	<u>Теплопередача.</u> Уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи. Средняя движущая сила процесса теплопередачи. Типовые конструкции теплообменников. Промышленные теплоносители и их характеристика.	2	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Выпаривание.</u> Общие сведения о процессе выпаривания. Схема однокорпусной вакуум выпарной установки. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Температура кипения раствора, общая и полезная разность температур. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок. Экономически оптимальное число корпусов многокорпусной выпарной установки. Основные конструкции выпарных аппаратов.	3	Слайд-презентация
3	<u>Основы массопередачи.</u> Законы фазового равновесия. Движущая сила и направление протекания массообменных процессов. Молекулярная диффузия и конвекция. Основное уравнение массопередачи, уравнения массоотдачи. Связь между коэффициентом массопередачи и коэффициентами массоотдачи. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса.	4	Слайд-презентация
3	<u>Основы расчета массообменных аппаратов.</u> Типы массообменного оборудования. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн. Расчет диаметра и высоты насадочного аппарата, число единиц переноса. Расчет тарельчатых колонн. Метод теоретической тарелки. Локальная эффективность тарелки. Метод кинетической кривой.	6	Слайд-презентация
3	<u>Абсорбция</u> Общие сведения о процессе и области его практического применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Конструкции абсорберов. Расчет абсорберов.	3	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<p><u>Дистилляция и ректификация</u> Простая перегонка. Материальный баланс простой перегонки. Принцип ректификации. Схемы установок периодической и непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнения линий рабочих концентраций. Флегмовое число. Расчет тарельчатой ректификационной колонны.</p>	5	Слайд-презентация

4.3 Занятия семинарского типа

4.3.1 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>Контрольная работа по основам теплопередачи и выпаривания.</u>	2	-
3	<u>Массообменные процессы и аппараты.</u> Основы теории массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Движущая сила процесса.	2	-
3	<u>Абсорбция.</u> Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбера. Уравнение рабочей линии абсорбции. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Расчет насадочных абсорберов. Расчет тарельчатых абсорберов.	12	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	<u>Ректификация.</u> Материальный и тепловой балансы ректификации. Уравнения линий рабочих укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Расчет ректификационных колонн.	10	интерактивная форма: проведение ролевых и деловых игр
3	<u>Сушка.</u> Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы сушилки. Расчет различных вариантов конвективных сушилок.	10	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	<u>Контрольная работа по ректификации и сушке.</u>	2	

4.3.2 Лабораторные занятия

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

4.4 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
1	Неоднородные системы. Гидромеханические способы их разделения. Конструкции аппаратов для разделения неоднородных систем.	20	Устный опрос №1
2	Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Продольное и поперечное обтекание.	20	Устный опрос №2
2	Теплоотдача при конденсации и теплоотдача при кипении.	25	Устный опрос №2
3	Определение высоты и диаметра массообменного аппарата.	20	Устный опрос №3
3	Теоретическая и реальная сушилки. Изображение процесса сушки в диаграмме I-x. Сушильные варианты. Расход воздуха и теплоты на процесс сушки.	25	Устный опрос №3

4.4.1 Темы курсовых проектов

Расчет вакуум выпарной установки непрерывного действия;
Расчет ректификационной установки непрерывного действия.

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

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

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

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в шестом семестре и экзамена и курсового проекта в седьмом семестре.

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

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

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

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Расчет потерь на трение и местные сопротивления.
2. Конструкции выпарных аппаратов.

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 образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»	
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов Факультет механический Кафедра процессов и аппаратов Курс 4 Семестр 7	
Дисциплина «Процессы и аппараты» Экзаменационный билет № 1	
1. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.	
2. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.	
3. Задача	
Заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор	О.М. Флисюк
_____ (подпись, дата)	

Курсовой проект предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и состоит из: пояснительной записки, содержащей выбор и расчет оборудования (демонстрирует знания, умения и навыки), графической части (умения и навыки), защиты студентом своего проекта (для проверки знаний и умений).

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»: учебное пособие для вузов / В.Ф. Фролов. — 2-е изд. – Санкт Петербург: Химиздат, 2008. — 608 с.
2. Романков, П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. — Санкт Петербург: Химиздат, 2010. — 544 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум: учебное пособие / О.М. Флисюк [и др.]. — Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 142 с.
4. Моделирование технологических процессов: компьютерный практикум / О.М. Флисюк [и др.]. — Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. — 46 с.
5. Волжинский, А.И. Ректификация. Колонные аппараты с ситчатыми тарелками: учебное пособие / А.И. Волжинский, А.В.Марков. — Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009.— 68 с.
6. Волжинский, А.И. Ректификация. Колонные аппараты с жалюзийно-клапанными тарелками: учебное пособие / А.И. Волжинский, А.В.Марков. — Санкт Петербург:

СПбГТИ(ТУ), 2012.— 37 с.

б) электронные издания

7. Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия: учебное пособие / О.М. Флисюк, В.Ф. Фролов, В.В. Фомин, Е.И. Борисова. — Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014.— 47 с. (ЭБ)

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

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

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

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

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

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

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

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

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

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

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

10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- использование мультимедийных средств в лабораторном практикуме;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронно-информационной образовательной среды.

10.2 Программное обеспечение

Microsoft Windows, Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel);
Mathcad;
Autodesk AutoCAD 2016; Kaspersky Endpoint Security

10.3 Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекций используются аудитории, оснащенные проектором, экраном, компьютерами.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть, лабораторная мебель, барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия; центробежный вентилятор; кожухотрубчатый теплообменник; двухкорпусная выпарная установка; компрессионная холодильная установка.

установок.

12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-5	способность выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	промежуточный
ПК-14	способность применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<p>Знать основы теории гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов. инженерные методы расчета основных процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: использовать методы гидравлического расчёта трубопроводов и аппаратов. использовать методы и алгоритмы расчёта теплообменных аппаратов. использовать методы расчёта массообменных аппаратов.</p> <p>Владеть: навыками использования при</p>	Правильные ответы на вопросы № 1-11 к зачету в 6-ом семестре.	ПК-14

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	решении поставленных задач программных пакетов для ПК.		
Освоение раздела №2	<p>Знать: типы промышленных теплоносителей и их основные характеристики. принципы энергосбережения при реализации процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: выбирать промышленные теплоносители для проведения процессов теплообмена. разрабатывать эффективные технологические схемы проведения химико-технологических процессов.</p> <p>Владеть: навыками сравнительной оценки теплоносителей и их выбора. навыками оценки эффективности использования энергоресурсов.</p>	Правильные ответы на вопросы № 1-4 к зачету в 6-ом семестре.	ПК-5
	<p>Знать основы теории гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов. инженерные методы расчета основных процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: использовать методы гидравлического расчёта трубопроводов и аппаратов. использовать методы и алгоритмы расчёта теплообменных аппаратов. использовать методы расчёта массообменных аппаратов.</p> <p>Владеть: навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ПК.</p>	Правильные ответы на вопросы № 12-27 к зачету в 6-ом семестре.	ПК-14
Освоение раздела № 3	<p>Знать: типы промышленных теплоносителей и их основные характеристики. принципы энергос-</p>	Правильные ответы на вопросы № 1-4 к экзамену в 7-ом семестре, защита курсового проекта	ПК-5

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>ресурсосбережения при реализации процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: выбирать промышленные теплоносители для проведения процессов теплообмена. разрабатывать эффективные технологические схемы проведения химико-технологических процессов.</p> <p>Владеть: навыками сравнительной оценки теплоносителей и их выбора. навыками оценки эффективности использования энергоресурсов.</p>		
	<p>Знать основы теории гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов. инженерные методы расчета основных процессов химической технологии.</p> <p>Уметь: использовать методы гидравлического расчёта трубопроводов и аппаратов. использовать методы и алгоритмы расчёта теплообменных аппаратов. использовать методы расчёта массообменных аппаратов.</p> <p>Владеть: навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ПК.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-25 к экзамену в 7-ом семестре, защита курсового проекта</p>	<p>ПК-14</p>

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

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

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

3 Типовые контрольные задания для проведения текущей и промежуточной аттестации

3.1 Зачет 6– ой семестр.

Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5:

1. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
2. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительные характеристики.
3. Многокорпусное выпаривание. Удельный расход греющего пара. Выбор числа корпусов.
4. Схема установки выпаривания с термокомпрессией вторичного пара.

Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-14:

1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
2. Закон вязкого трения. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса.
4. Уравнение неразрывности потока. Уравнения расхода.
5. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье-Стокса).
6. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
7. Приложения уравнения Бернулли (Трубка Пито-Прандтля, мерная диафрагма).
8. Расход энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам. Расчет величины требуемой разности давлений создаваемых насосом или вентилятором.
9. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия.
10. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
11. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах. Местные сопротивления.
12. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
13. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки.
14. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (Уравнение Фурье-Кирхгофа).
15. Критерии теплового подобия. Их физический смысл.
16. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движении среды. Общий вид критериальных уравнений.
17. Теплоотдача при конденсации пара (Конденсация на вертикальных и на горизонтальных трубках, конденсация в присутствии воздуха).
18. Теплоотдача при кипении жидкости. Критическая тепловая нагрузка.
19. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
20. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах.
21. Конструкции типовых теплообменных аппаратов.
22. Расчет площади поверхности теплопередачи кожухотрубного теплообменника для нагревания жидкости греющим паром.
23. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки.
24. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
25. Расчет площади поверхности и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.

26. Температура кипения раствора в выпарном аппарате. Общая и полезная разность температур при выпаривании.
27. Типовые конструкции выпарных аппаратов.

3.2 Экзамен 7 – ой семестр.

Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5:

1. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовые числа.
2. Влияние расхода флегмы на движущую силу, процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
3. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Экономически оптимальный расход абсорбента.
4. Непрерывно действующая абсорбционно-десорбционная установка.

Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-14:

1. Основные теоретические модели процесса массоотдачи (пленочная, проникновения, диффузионного пограничного слоя).
2. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
3. Движущая сила и направление массообменного процесса.
4. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
5. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
6. Методы определения общего числа единиц переноса.
7. Расчет насадочных колонн при линейной равновесной зависимости.
8. Расчет насадочных колонн при криволинейной равновесной зависимости.
9. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
10. Выбор насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
11. Как определить экспериментально коэффициент массопередачи в насадочной абсорбционной колонне?
12. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
13. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.
14. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
15. Конструкции тарелок ректификационной колонны. Коэффициент обогащения.
16. Экстрактивная и азеотропная ректификации.
17. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром.
18. Сушильные агенты, их основные параметры и связь между ними.
19. Материальный баланс конвективной сушки. Удельный расход сушильного агента.
20. Тепловой баланс конвективной сушки. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.
21. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме 1-х.
22. Конструкции конвективных сушилок.
23. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.
24. Расчет времени процесса конвективной сушки. Вывод уравнений.
25. Кинетика процесса конвективной сушки.

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.

Определить:

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

Написать уравнение рабочей линии для верхней части колонны.

4 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.