

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 03.07.2023 13:07:18  
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  
« 28 » сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**  
20.03.01 Техносферная безопасность  
Направленность программы бакалавриата  
**Производственный контроль за осуществлением деятельности опасных  
производственных объектов химической промышленности**  
Квалификация  
**Бакалавр**  
Форма обучения  
**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**  
Кафедра **химической энергетики**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Т.В. Украинцева
ст. преподаватель		Смирнова А.М.

Рабочая программа дисциплины «Оборудование химических и нефтехимических производств» обсуждена на заседании кафедры химической энергетики  
протокол от «31» августа 2021 № 1  
Заведующий кафедрой

А.С. Мазур

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «24» сентября 2021 № 1  
Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Техносферная безопасность»		доцент Т.В. Украинцева
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
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 .....	5
3	Объем дисциплины в очной (заочной) форме обучения .....	6
4	Содержание дисциплины .....	7
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	13
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	14
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	17
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	18
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	19
	<a href="#">Базы данных и</a> информационные технологии	
	Программное обеспечение .....	19
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	20
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	21
	<b>1 Приложение 1</b> .....	22

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК - 3 Способен проводить диагностику, освидетельствование, экспертизу технических устройств	ПК - 3.7 Способен готовить документы к проведению экспертизы технических устройств	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии (Зн.7.1.1);</li> <li>- основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание (Зн.7.1.2);</li> <li>- содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности (Зн.7.1.3).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять сведения об технических и технологических характеристиках оборудовании при оценке вероятности возникновения, характере, последствиях аварийных ситуаций (У.7.3.1)</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками оценки надежности и безопасности оборудования (В.7.3.1)</li> </ul>

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору части формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02.02) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Механика», «Материаловедение», «Метрология, стандартизация, сертификация»

Полученные в процессе изучения дисциплины «Освидетельствование оборудования и технических устройств» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении практики, при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3 Объем дисциплины в очной форме обучения

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>64</b>
– занятия лекционного типа	<b>20</b>
– занятия семинарского типа, в т.ч.	<b>40</b>
✓ семинары, практические занятия /в том числе практическая подготовка)	
✓ лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	<b>40(20)</b>
– курсовое проектирование (КР или КП)	-
– КСР	<b>4</b>
– другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>44</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	ИДЗ, Тест
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</b>

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. Часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Введение	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
2	Теплообменные аппараты	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
3	Массообменные аппараты	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
4	Аппараты для сушки	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
5	Выпарные аппараты	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
6	Основы промышленной безопасности в составе проектной документации	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
7	Предпроектирование и проектирование химических производств	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
8	Интегрированное проектирование химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях неопределенности	2	-	4	4	ПК-3	ПК-3.7
9	Новые подходы к аппаратурно-технологическому оформлению гибких автоматизированных химических производств	2	-	4	6	ПК-3	ПК-3.7
10	Проектирование многоассортиментных химических производств	2	-	4	6	ПК-3	ПК-3.7
	ИТОГО:	20		40	44		

## 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение</u> Что такое ХТС. Технологическая схема: эскизная, полная, принципиальная. Разработка принципиальной технологической схемы. Компонировка производства.	2	
2	<u>Теплообменные аппараты</u> Классификация и свойства теплоносителей. Классификация и основные типы теплообменников. Кожухотрубчатые теплообменники. Элементы кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных кожухотрубчатых аппаратов. Теплообменные аппараты типа «труба в трубе». Аппараты воздушного охлаждения. Оросительные теплообменники. Погружные змеевиковые теплообменники. Витые теплообменники. Аппараты с поверхностью теплообмена, изготовленной из листового материала. Циклонные теплообменники. Теплообменники из неметаллических материалов.	2	
3	<u>Массообменные аппараты</u> Тарельчатые массообменные аппараты. Струйно-направленные (чешуйчатые) тарелки. Насадочные массообменные аппараты. Экстракционные аппараты для систем жидкость-жидкость. Механический расчет тарелок. Расчет опорной обечайки.	2	
4	<u>Аппараты для сушки</u> Конвективные аппараты. Конвективные барабанные сушилки. Аппараты для сушки материала в псевдооживленном (кипящем) слое. Распылительные сушилки. Гребковые сушилки. Выбор сушильного агента	2	
5	<u>Выпарные аппараты</u> Общие положения. Однокорпусное выпаривание. Многокорпусное выпаривание. Классификация выпарных аппаратов. Конструктивный расчет выпарного аппарата. Гидравлический расчет выпарного аппарата. Расчет конденсаторов смешения. Расчет барометрической трубы. Механический расчет выпарного аппарата.	2	
6	<u>Основы промышленной безопасности в составе проектной документации</u> Разработка декларации промышленной безопасности. Основы разработки плана локализации и ликвидации последствий аварий. Оценка воздействия проектируемого объекта на окружающую среду	2	
7	<u>Предпроектирование и проектирование химических производств</u> Определение мощности проектируемого производства. Выбор метода (технологии) производства. Эскизная технологическая схема. Расчет материальных и тепловых балансов по стадиям производства. Выбор площадки строительства. Задание на проектирование и исходные материалы. Анализ исходных данных. Разработка ситуационного и генерального планов. Общие принципы анализа, расчета и выбора технологического оборудования химических производств.	2	

8	<u>Интегрированное проектирование химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях неопределенности</u> Общая характеристика и основные понятия процесса интегрированного проектирования ХТС. Средства и методы интегрированного проектирования ХТС. Методология интегрированного проектирования ХТС. Управление процессом интегрированного проектирования.	2	
9	<u>Новые подходы к аппаратурно-технологическому оформлению гибких автоматизированных химических производств</u> Оценка гибкости и одноэтапное интегрированное проектирование ХТС в условиях интервальной неопределенности исходных данных. Двухэтапное интегрированное проектирование ХТС в условиях интервальной неопределенности исходных данных	2	
10	<u>Проектирование многоассортиментных химических производств</u> Основные понятия и определения многоассортиментных ХТС. Основные подходы к анализу и синтезу многоассортиментных ХТС. Математическое моделирование многоассортиментных ХТС. Гибкие автоматизированные производственные системы	2	
	<b>ИТОГО</b>		

### 4.3 Занятия семинарского типа

#### 4.3.1 Лабораторные занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<u>Введение</u> Составление эскизной, полной и принципиальной технологической схемы. Определение мощности проектируемого производства. Выбор метода (технологии) производства	4	2	
2	<u>Теплообменные аппараты.</u> Изучение и расчет различных типов теплообменных аппаратов. Составление уравнений теплового баланса.	4	2	
3	<u>Массообменные аппараты.</u> Изучение и поверочный расчет массообменных аппаратов.	4	2	
4	<u>Аппараты для сушки.</u> Изучение и поверочный расчет аппаратов для сушки.	4	2	
5	<u>Выпарные аппараты</u> Изучение и поверочный расчет выпарных аппаратов.	4	2	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
6	<u>Основы промышленной безопасности в составе проектной документации</u>	4	2	
7	<u>Предпроектирование и проектирование химических производств</u> Задание на проектирование и исходные материалы. Техничко-экономические показатели, возможности обеспечения сырьем, организация доставки сырья и вывоза готовой продукции, наличие оборудования для промышленной реализации метода, обеспечение заданной мощности и качества продукции, соблюдение санитарно-гигиенических условий труда на производстве; вопросы экологии;	4	2	Коллоквиум
8	<u>Интегрированное проектирование химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях неопределенности</u> Энергосберегающие установки короткоцикловой адсорбции для обогащения воздуха кислородом. Энергосберегающий процесс прессования твердосплавных материалов с использованием метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	4	2	Коллоквиум
9	<u>Новые подходы к аппаратурно-технологическому оформлению гибких автоматизированных химических производств</u> Неточность математических моделей, используемых для целей анализа, оптимизации и интегрированного проектирования ХТС. Изменение внутренних факторов ХТС на стадии ее функционирования, что приводит к изменению некоторых коэффициентов в математических моделях во время эксплуатации ХТС. Задачи оптимизации и интегрированного проектирования ХТС	4	2	Коллоквиум
10	<u>Проектирование многоассортиментных химических производств</u> Факторы определяющие организацию выпуска многоассортиментной продукции ХТС периодического действия. Одностадийная ХТС. Многостадийная ТХС.	4	2	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Введение 1. Дать определение эскизной ХТС 2. Дать определение полной ХТС 3. Дать определение принципиальной ХТС 4. Принципиальные отличия схем ХТС друг от друга	4	
2	Теплообменные аппараты 1. Виды теплообменных аппаратов 2. Холодильники. 3. Теплообменники с температурным компенсатором	4	Расчетное задание 1
3	Массообменные аппараты 1. Виды ректификационных колон. 2. Отличия абсорбера от адсорбера. 3. Классификация колонных аппаратов	4	Тест 1
4	Аппараты для сушки 1. Конструкции сушильных аппаратов и их классификация 2. Конвективные сушилки 3. Петлевая сушилка 4. Барабанная сушилка	4	Тест 2
5	Выпарные аппараты 1. Отличия выпарных аппаратов от аппаратов сушки 2. Конденсаторы смещения 3. Материальный баланс процесса выпаривания 4. Температурный режим работы выпарной установки	4	Расчетное задание 2
6	Основы промышленной безопасности в составе проектной документации 1. Какие разделы содержит декларация ПБ 2. Как проводят оценку воздействия проектируемого объекта на окружающую среду 3. Локализация и ликвидации последствий аварий	4	Опрос 1
7	Предпроектирование и проектирование химических производств 1. Что входит в задание на проектирование и исходные материалы 2. Порядок разработки ситуационного и генерального планов. 3. Общие принципы расчета и выбора технологического оборудования химических производств	4	
8	Интегрированное проектирование химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях неопределенности 1. Основные понятия процесса интегрированного проектирования ХТС 2. Методология интегрированного проектирования ХТС 3. Средства интегрированного проектирования ХТС 4. Методы интегрированного проектирования ХТС	4	
9	Новые подходы к аппаратурно-	6	

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	технологическому оформлению гибких автоматизированных химических производств 1. Условия интервальной неопределенности исходных данных 2. Двухэтапное интегрированное проектирование ХТС 3. Одноэтапное интегрированное проектирование ХТС		
10	Проектирование многоассортиментных химических производств 1. Многоассортиментных ХТС, что это? 2. Гибкие автоматизированные производственные системы, что это? 3. Основные подходы многоассортиментных ХТС.	6	Опрос 2
	<b>ИТОГО</b>		

## **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 виде зачета

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций. На зачете предусматривается ответ на один теоретический вопрос (для проверки знаний) и выполнение одного практического задания на проверку умений, навыков.

Время на подготовку к устному ответу до 30 минут.

Зачет может быть проставлен при своевременном выполнении всех текущих мероприятий на положительные оценки

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 «зачет».

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

1. Тимофеев В.С., Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза, учебное пособие для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов, А.В. Тимошенко, – М., Высшая школа. – 2010. – 408 с.
2. Носов, В.В. Диагностика машин и оборудования : учебное пособие / В. В. Носов. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2012. - 384 с.
3. Булина, Е. Н. Нормы и правила промышленной безопасности при проектировании производственных объектов, на которых применяется оборудование с высоким давлением : Учебные пособия / Е. Н. Булина, А. В. Ермолаев, Е. А. Пономаренко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. инженерного проектирования. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - 57 с
4. Гайле А.А., Вершинин А.В., Мини-НПЗ, Проблемы, перспективы, технологии нефтепереработки: / А.А. Гайле, А.В. Вершинин, СПбГТИ(ТУ). – СПб.: 2010. – 192 с.
5. Жидкие углеводороды и нефтепродукты / Под ред. М.И.Шахпаронова, – М.: Изд-во МГУ, 1989 - 192 с.
6. Товарные нефтепродукты. Свойства и применение. Справочник М.: – Химия, 1978 г.
7. Яковлев В.С., Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды, / В.С. Яковлев, – М.: Химия, 1987.
8. Мановян А.К., Технология первичной переработки нефти и природного газа, / А.К. Мановян, М.: – Химия, 2001г. – 568 с.
9. Абросимов А.А., Экология переработки углеводородных систем: Учебник, / А.А. Абросимов, М.: – Химия, 2002 – 608 с.
10. Ахметов С.А., Технология глубокой переработки нефти и газа, / С.А. Ахметов, – Уфа: Гилем, 2002г. - 672 с.
11. Губин В.Е. Губин В.В., Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов, / В.Е. Губин, В.В. Губин, – М.: Недра, 1982 – 192 с.
12. Владимиров А.И., Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки, / А.И. Владимиров, – М.: Химия, 2002г. – 228 с.
13. Венцюлис Л.С., Современные методы и средства борьбы с разливами нефти, / Л.С. Венцюлис, – СПб.: Центр-техноинформ, 2000.
14. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки, / Ю.К. Молоканов, – М.: Химия, 1987г. – 408 с.
15. Карпеев Ю.С., Охрана труда в нефтяной и газовой промышленности. Справочник, / Карпеев Ю.С., – М.: Недра, 1991 – 401 с.
16. Дехтерман А.Ш., Переработка нефти по топливному варианту, / А.Ш. Дехтерман, – М.: Химия, 1988 – 96 с.
17. Ахметшина М.П., Основы нефтяного и газового дела, / М.П. Ахметшина, – М.: Недра, 2000 – 66 с.
18. Б.Р., Новые процессы органического синтеза, / Б.Р. Серебряков, – М.: Химия, 1989.
19. Николаев В.В., Основные процессы физической и физико-химической переработки газа, / В.В. Николаев, – М.: Недра, 1998 – 184 с.
20. Белянин Б.В., Эрих В.Н., Корсаков В.Г., Технический анализ нефтепродуктов и газа. издание 5-е переработанное, / Б.В. Белянин, В.Н. Эрих, В.Г. Корсаков, – Л: Химия, 1986 – 184с.
21. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда/ П.П. Кукин и др. - М.: Высш. Школа, 2007 - 335 с

22. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев, Н. И. Сердюк. - 4-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 2007. - 335 с
23. Глебова, Е. В. Производственная санитария и гигиена труда/Е.В.Глебова. - М.: Высшая школа, Лань, 2007. 381 с..
24. Справочник инженера по охране труда: Учебно-практическое пособие / под ред. В. Н. Третьякова. - М.: ИНФРА-Инженерия, 2007.
25. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" для всех направлений и спец. / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак; под ред. О. Н. Русака. - 14-е изд., испр. - СПб; М.; Краснодар: Лань, 2012. - 672 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
26. Ефремова, О.С. Охрана труда от А до Я/ О. С. Ефремова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-Пресс, 2007. - 514 с.
27. Каминский, С.Л. Основы рациональной защиты органов дыхания на производстве: учебное пособие для вузов по направлению 280100 "Безопасность жизнедеятельности"/ С. Л. Каминский. - СПб: Проспект науки, 2007. - 207
28. Занько, Н.Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности/ Н.Г. Занько Н.Г., Ретнев В.М. М.: АCADEMIA, 2005 – 250 с.
29. Поленов, Б. В. Защита жизни и здоровья человека в XXI веке. Восемь основных источников опасности для человека/Б.В. Поленов.- М.: Группа ИТД, 2008. - 718 с.
30. Роздин, И.А. Безопасность производства и труда на химических предприятиях/ И.А Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Роздин. - М.: Химия, КолосС, 2005. – 253 с.
31. Бузуев, И.И. Организация работы службы охраны труда и промышленной безопасности на предприятии: учебное пособие / Бузуев И.И., Яговкин Н.Г. — Самара: Самарский государственный технический университет, Лань., 2017. — 74 с.,
32. Производственная безопасность : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров "Техносферная безопасность" / В. С. Бурлуцкий [и др.] ; под ред. С. В. Ефремова; СПбГПУ.-СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. Ч.1: Теория и организация производственной безопасности. - 177 с. : ил. - ). - Библиогр.: с. 167-172.
33. Производственная безопасность : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров "Техносферная безопасность" / В. С. Бурлуцкий [и др.] ; под ред. С. В. Ефремова; СПбГПУ. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. Ч.2: Защита от опасных производственных факторов. - 152 с.
34. Производственная безопасность: учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров "Техносферная безопасность" / В. С. Бурлуцкий [и др.] ; под ред. С. В. Ефремова ; СПбГПУ. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.Ч.3: Пожарная безопасность. - 223 с.
35. Попов, А. А. Производственная безопасность: учебное пособие / А. А. Попов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 432 с.

**б) электронные учебные издания:**

1. Потехин В.М., Теоретические основы процессов переработки природных энергоносителей. Ч. 1. В.М. Потехин, А.М. Сыроежко, Пекаревский Б.В. – СПб, СПбТИ(ТУ). – 2010. – 155 с. (ЭБ)
2. Производственная безопасность: учебное пособие / И. Г. Янковский [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. энергетики. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 189 с.
3. Производственная безопасность: Практикум / И. Г. Янковский [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. энергетики. - Электрон. текстовые дан. - СПб.: [б. и.], 2016. - 142 с.: ил. - Библиогр.: с. 129.

4. Мозырев, А. Г. Неразрушающий контроль и диагностика химического оборудования : учебное пособие / А. Г. Мозырев. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. — 84 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/39335> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Кантюков, Р. Р. Диагностика газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций : учебное пособие / Р. Р. Кантюков. — Казань : КФУ, 2019. — 84 с. — ISBN 978-5-00130-202-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147181> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Наumenко, А. П. Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль : учебное пособие / А. П. Наumenко. — Омск : ОмГТУ, 2019. — 152 с. — ISBN 978-5-8149-2812-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149137> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Сальников, А. Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов : учебное пособие / А. Ф. Сальников. — Пермь : ПНИПУ, 2011. — 247 с. — ISBN 978-5-398-00681-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160648> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Касимов, Р. Г. Дефекты и повреждения строительных конструкций, методы и приборы для их количественной и качественной оценки : учебное пособие / Р. Г. Касимов. — Оренбург : ОГУ, 2016. — 109 с. — ISBN 978-5-7410-1806-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110601> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1. Макдональд, Д. Промышленная безопасность, оценивание риска и системы аварийного останова [] : практическое руководство / Д. Макдональд; пер. с англ. Л. О. Хвилевичко, А. Я. Серебрянского. - М. : Группа ИДТ, 2007. - 409 с.

2. Острейковский, В. А. Теория надежности : учебник для вузов по направлениям "Техника и технологии" и "Технические науки" / В. А. Острейковский. - 2-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2008. - 463 с

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

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>
2. Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «Библиотех»). Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ). Адрес сайта – <https://lti-gti.bibliotech.ru/>. Гос. контракт № 0372100046511000114-135922 от 30.08.2011г.
3. ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». Принадлежность – сторонняя. Адрес сайта – <http://elibrary.ru> Наименование организации – ООО РУНЭБ. Договор № SU-18-02/2013-2 от 18.02.2013г. на оказание услуг по предоставлению доступа к изданиям в электронном виде.
4. Безопасность в техносфере : всероссийский научно-методический и информационный журнал «Безопасность в техносфере» : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.magbvt.ru>
5. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru> . - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
6. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru>.
7. Техэксперт : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» : сайт. – Москва - . - URL: <https://docs.cntd.ru/> .
8. Студенту и преподавателю: электронный помощник : сайт. - Москва, 2018 - . - URL: <http://vuz.kodeks.ru/>.
9. Консультант-Плюс : справочно-поисковая система : некоммерческая версия. : сайт. – Москва - . - URL: [http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home&utm\\_csource=online&utm\\_cmedium=button](http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home&utm_csource=online&utm_cmedium=button).
10. Федеральная служба государственной статистики : сайт. – Москва - . - URL: <https://rosstat.gov.ru/>
11. Всероссийский научно-методический и информационный журнал «Безопасность в техносфере» : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.magbvt.ru>
12. Информационный сайт в области охраны труда и промбезопасности. : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.ohranatruda.ru/>
13. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека РФ . : сайт. – Москва - . - URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/>
14. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. : сайт. – Москва - . - URL: <https://mintrud.gov.ru/>.
15. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : сайт. – Москва - . - URL: – [www.rpn.gov.ru](http://www.rpn.gov.ru).
16. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.mchs.gov.ru/>
17. Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.gosnadzor.gov.ru>.

## 9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

- СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;
- СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.
- СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.
- СТП СПб ГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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

### Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

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

### Программное обеспечение

При подготовке к ГИА и защите ВКР используются:

- Операционная система Microsoft Windows 10 Professional, срок действия до декабря 2020 г.;
- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, Сублицензионный договор №279/2018 от 10.12.2018 г. до 24.12.2019 г.
- Сублицензионный договор №279/2018 от 10.12.2018 г. до 24.12.2019 г. Apache OpenOffice.org (Apache 2.0) / LibreOffice (GNU LGPL 3+, MPL2.0).

Базы данных и информационные справочные системы

- <http://www.elibrary.ru>;
- <http://www.viniti.ru>;
- <http://www.chemport.ru>;
- <http://www.springerlink.com>;
- <http://www.uspto.gov>;

*б) Современные профессиональные базы данных:*

- <http://www.chemweb.com>;

электронно-библиотечные системы, предлагаемые библиотекой СПбГТИ (ТУ):

ЭБС «Лань»;

электронная библиотека СПбГТИ (ТУ) (на базе ЭБС «Библиотех»);

справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;

Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:

<http://www.iprbookshop.ru>.

Техэксперт : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» : сайт. – Москва - . - URL: <https://docs.cntd.ru/> .

Всероссийский научно-методический и информационный журнал «Безопасность в техносфере» : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.magbvt.ru>

Информационный сайт в области охраны труда и промбезопасности. : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.oхранatruda.ru/>

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека РФ . : сайт. – Москва - . - URL: <https://www.rosпотребнадзор.ru/>

Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. : сайт. – Москва - . - URL: <https://mintrud.gov.ru/>.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : сайт. – Москва - . - URL: – [www.rpn.gov.ru](http://www.rpn.gov.ru).

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.mchs.gov.ru/>

Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору : сайт. – Москва - . - URL: <http://www.gosnadzor.gov.ru>.

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

Аудитория (кабинет)	Характеристики
<p>Лекционные кабинеты: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №3 -52 м<sup>2</sup>, 6 – 129 м<sup>2</sup>, 14 – 61 м<sup>2</sup>.</p>	<p>Мультимедийная система, (проектор P1166-и 3 штуки), ноутбук aser aspire 9300- 3 штуки (программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE) экран ScreenMedia -3 штуки, WI-FI роутер, учебно- наглядные пособия, вместимость 30-40 посадочных мест</p>
<p>Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №4 -30 м2.</p>	<p>Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит.А №4 -30 м2. Оборудование компьютерного класса: 1 ПК – процессор AMD Ryzen 7 2700 Eight-Core Processor 3.20 GHz, оперативная память 16 ГБ, 64 разрядная операционная система, 6 ПК - процессор Intel(R) Core(TM) ш3-9100 CPU 3/60 GHz, оперативная память 8 ГБ, 64 разрядная операционная система. Монитор со встроенными колонками 24 Philips V line 24V7Q – 7 шт. WI-FI роутер HUAWEI-D2U6JL_HiLink. Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», "Росстата", "Ростехнадзора", Internet. Программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, Авторское программное обеспечение для расчета зон действия поражающих факторов, рисков, Matcad, ТОКСИ, FireCat, СОУТ, Охрана труда (1С Предприятие), Производственная безопасность (1С Предприятие) Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).</p>
<p>Помещения для практических и лабораторных занятий: 190005, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №12 -19 м2; №7 -67 м2 , №19 -21 м2 , № 35.-25 м2.</p>	<p>Помещения оснащены мебелью, учебно-наглядными пособиями, справочной литературой. Справочная, нормативная литература. Вместимость аудиторий 15 посадочных мест. Лабораторный практикум: толщиномер, прибор для измерения твердости по Бринелю, установка для проведения гидравлических испытаний, ультразвуковой дефектоскоп, комплекс визуально-измерительного контроля, комплекс капиллярных методов неразрушающего контроля, магнитного неразрушающего контроля, радиационного неразрушающего контроля. Видеокурсы: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=wHurq5I5h9A">https://www.youtube.com/watch?v=wHurq5I5h9A</a>, "UTman600" на <a href="http://www.utsim.co.uk">www.utsim.co.uk</a></p>
<p>Помещения для самостоятельной работы: 190013, г. Санкт-Петербург Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А №18 -19 м2, №6а -28 м2, №18 -8 м2</p>	<p>Письменные столы, стулья, сушильные шкафы, термостаты воздушные, водяные, химическая посуда, WI-FI, 15 посадочных мест</p>

## **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 «Оборудование химических и нефтехимических производств»**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ПК – 3	Способен проводить диагностику, освидетельствование, экспертизу технических устройств	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.7 Способен готовить документы к проведению экспертизы технических устройств	<b>Перечисляет</b> техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии (Зн.7.1.1)	Ответы на вопросы 1-33 к зачету, выполнение теста 1 и 2, сдача коллоквиумов	<b>Перечисляет</b> с ошибками техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии	<b>Перечисляет</b> техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии, но с наводящими вопросами	<b>Правильно перечисляет</b> техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии
	<b>Называет</b> основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание (Зн.7.1.2);	Ответы на вопросы 34-87 к зачету, сдача коллоквиумов, участие в опросе 1	<b>Называет</b> с ошибками основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание	<b>Называет</b> основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание, но с наводящими вопросами	<b>Правильно называет</b> основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание
	<b>Перечисляет</b> содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности (Зн.7.1.3).	Ответы на вопросы 88-121 к зачету, сдача коллоквиумов, участие в опросе 2	<b>Перечисляет</b> с ошибками содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности	<b>Перечисляет</b> содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности, но с наводящими вопросами	<b>Правильно перечисляет</b> содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности
	<b>Применяет</b> сведения об технических и технологических характеристиках оборудовании при оценке вероятности возникновения, характере, последствиях	Выполнение лабораторных работ, расчетное задание 1.	<b>Применяет</b> с ошибками сведения об технических и технологических характеристиках оборудовании при оценке вероятности возникновения, характере, последствиях аварийных ситуаций	<b>Применяет</b> сведения об технических и технологических характеристиках оборудовании при оценке вероятности возникновения, характере, последствиях аварийных ситуаций, но с наводящими вопросами	<b>Правильно применяет</b> сведения об технических и технологических характеристиках оборудовании при оценке вероятности возникновения, характере, последствиях аварийных ситуаций

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	аварийных ситуаций (У.7.3.1)				
	<b>Оценивает</b> надежность и безопасность оборудования (В.7.3.1)	Выполнение лабораторных работ, расчетное задание 2.	<b>Оценивает</b> с ошибками надежность и безопасность оборудования	<b>Оценивает</b> надежность и безопасность оборудования, но с наводящими вопросами	<b>Правильно оценивает</b> надежность и безопасность оборудования

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

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

### 3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы к зачету

**Перечисляет** техническое и технологическое оборудование для получения, хранения и транспортирования продуктов химии и нефтехимии (Зн.7.1.1)

1. Применения и классификация теплообменных аппаратов
2. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
3. Кожухотрубные и секционные теплообменные аппараты. Конструкция и применение.
4. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей.  
Конструкции и применение
5. Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции.
6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.
7. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.
8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.
9. Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена.
10. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.
11. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса.
12. Последовательность расчета теплообменника методом E - N.
13. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена.
14. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение  
Характеристики оребрения. Технология оребрения.
15. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей.
16. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя.
17. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена)
18. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя.
19. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.
20. Регенеративные теплообменные аппараты Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными.
21. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис.
22. Коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника. Сравнение тепловой эффективности регенератора и рекуператора.
23. H-d диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в H-d диаграмме.
24. Вид основных процессов обработки воздуха в смесительных теплообменниках в H-d диаграмме.
25. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.

26. Соотношение Льюиса и уравнение Меркеля Их применение для расчета теплообменных аппаратов влажного воздуха.
27. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс смесительных теплообменников.
28. Последовательность построения процесса обработки воздуха в смесительных теплообменниках Средняя разность температур в смесительных теплообменниках.
29. Последовательность расчета полых и насадочных скрубберов.
30. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация.
31. Сравнительная характеристика основных типов градирен.
32. Конструкция вентиляторной градирни и аппарата воздушного охлаждения Выбор расчетной температуры и влажности атмосферного воздуха.
33. Применение выпарных установок. Схемы и конструкции выпарных установок.

**Называет** основную нормативно-правовую и техническую документацию на оборудование и ее содержание (Зн.7.1.2)

34. Каким основным Федеральным законом должен руководствоваться проектировщик в своей деятельности?
35. Каковы признаки опасных производственных объектов?
36. Что следует понимать под промышленной безопасностью?
37. Входит ли декларация промышленной безопасности в состав проектной документации?
38. Какова периодичность пересмотра ПЛАС?
39. На какой стадии проектирования делается оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) проектируемого объекта?
40. Какие главные задачи решаются при разработке обоснования инвестиций?
41. Из каких статей складывается себестоимость продукции будущего объекта?
42. Какие методы используют при определении мощности будущего объекта?
43. Какие факторы влияют на выбор метода (технологии) производства?
44. Что является основой для разработки эскизной схемы?
45. Какие факторы влияют на выбор площадки строительства объекта?
46. Какая информация используется при проектировании объекта?
47. В каких случаях производится разработка проектной документации в одну стадию?
48. Каким документом в настоящее время определяется состав проекта?
49. Как определяется стоимость проектируемого объекта?
50. Что является первоочередной задачей анализа исходных данных?
51. Что изображают на ситуационном плане?
52. Как рассчитывают нестандартное оборудование?
53. Какие конструкционные материалы используют для изготовления химического оборудования?
54. Что является основой для разработки принципиальной технологической схемы?
55. Что понимают под компоновкой производства?
56. Какие варианты компоновки применяют при проектировании и сооружении промышленного объекта?
57. Охарактеризуйте понятия: «гибкая ХТС», «гибкая производственная система».
58. Изобразите иерархическую структуру химического предприятия как сложной ХТС.
59. Перечислите взаимосвязанные подсистемы химического производства, между которыми существуют отношения соподчиненности в виде иерархической структуры.
60. Охарактеризуйте низшую ступень иерархической структуры химического предприятия.

61. Приведите рисунок структурно-параметрического описания химического производства.
62. Изобразите структурную схему автоматизированной ХТС.
63. Что Вы понимаете под термином «интегрированное проектирование»?
64. Почему важно рассматривать на этапе проектирования влияние неопределенных параметров на работоспособность и оптимальность функционирования ХТС?
65. Каким образом осуществлялся учет неопределенности при традиционном проектировании ХТС?
66. Сформулируйте математически задачу проектирования энерго- и ресурсосберегающей ХТС в статике.
67. Используя системный подход, предложите декомпозицию задачи проектирования энерго- и ресурсосберегающей ХТС в статике в виде последовательности итерационно-детерминированных задач нелинейного программирования и оптимального управления.
68. Охарактеризуйте три основные задачи, решаемые при интегрированном проектировании энерго- и ресурсосберегающей ХТС.
69. Изложите стратегию интегрированного проектирования ХТС.
70. Перечислите сведения, которые указываются в ТЗ на проектирование ХТС.
71. Разделите все переменные в задаче оптимального проектирования ХТС в условиях неопределенности параметров на категории. Охарактеризуйте эти категории. Каким образом задаются вектор неопределенных параметров и область неопределенности?
72. Сформулируйте две задачи, связанные с анализом гибкости проектируемой ХТС.
73. Запишите выражение для функции гибкости ХТС.
74. Назовите основные этапы и механизмы управления проектами.
75. Назовите источники неопределенности при проектировании ХТС.
76. Сформулируйте одноэтапную задачу интегрированного проектирования с жесткими ограничениями в условиях неопределенности. Запишите дискретный аналог этой задачи.
77. Запишите алгоритм решения одноэтапной задачи интегрированного проектирования с жесткими ограничениями в условиях неопределенности.
78. Сформулируйте одноэтапную задачу интегрированного проектирования с мягкими ограничениями в условиях неопределенности. Запишите дискретный аналог этой задачи.
79. Запишите алгоритм решения одноэтапной задачи интегрированного проектирования с мягкими ограничениями в условиях неопределенности.
80. Сформулируйте одноэтапную задачу интегрированного проектирования со смешанными ограничениями в условиях неопределенности. Запишите дискретный аналог этой задачи.
81. Запишите алгоритм решения одноэтапной задачи интегрированного проектирования со смешанными ограничениями в условиях неопределенности.
82. Сформулируйте двухэтапную задачу интегрированного проектирования с жесткими ограничениями в условиях неопределенности. Запишите дискретный аналог этой задачи.
83. Запишите алгоритм решения двухэтапной задачи интегрированного проектирования с жесткими ограничениями в условиях неопределенности.
84. Назовите типичных представителей малотоннажных химических производств и их основные отличительные особенности.
85. Приведите основные понятия и определения: технологической операции, технологической стадии, партии продукта, технологического цикла, лимитирующей стадии, материального индекса, технологического маршрута.
86. Классифицируйте ХТС в соответствии со следующими классификационными признаками.

87. Укажите специфические признаки гибких химических производств периодического действия.

**Перечисляет** содержание методики расчета элементов технологического оборудования с учетом критериев надежности и безопасности (Зн.7.1.3).

88. Принцип действия выпарных аппаратов. Материальный и тепловой баланс выпарной установки Определение количества пара на выпарку.
89. Располагаемая и полезная разность температур в выпарных установках. Типы депрессий в выпарных установках, их вычисление.
90. Последовательность расчета однокорпусной выпарной установки.
91. Особенности расчета средней разности температур и коэффициента теплоотдачи в греющей камере выпарного аппарата.
92. Области применения сушильных установок Периоды сушки материалов Равновесное и критическое влагосодержание.
93. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки Сушильные агенты.
94. Кинетика сушки. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах.
95. Материальный конвективной сушильной установки. Составляющие теплового баланса сушильной установки. Теоретическая сушилка.
96. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей Определения количества переданного тепла Ограничения на работу тепловых труб.
97. Процессы перегонки и ректификации. Их применение. Отличие процессов выпарки и перегонки
98. Типы смесей жидких компонентов. Закон Рауля.
99. Диаграммы растворов жидких смесей.(P-x, t-x,y, x-y- диаграммы ). Их построение и назначение
100. Простая, непрерывная и многократная перегонка Схемы установок и изображение процессов в t-x.y диаграмме.
101. Схема и принцип работы ректификационной установки. Материальный баланс ректификационной установки.
102. Флегмовое число. Минимальное флегмовое число. Определение числа тарелок в ректификационных колоннах.
103. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по рекомендуемым значениям коэффициентов теплоотдачи.
104. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по заданной эффективности и известной зависимости  $E=f(N)$ .
105. Найти эффективность теплообменного аппарата по известному тепловому балансу.
106. Определить степень оребрения по геометрии ребер.
107. Определить коэффициент теплопередачи со стороны оребренной и неоребренной поверхности.
108. Найти КПД ребра и КПД оребренной поверхности по известным характеристикам ребер и коэффициенту теплоотдачи.
109. Определить перепад давлений в теплообменном аппарате.
110. Определить требуемую мощность на прокачку теплоносителя в теплообменном аппарате.
111. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике с влаговывпадением.
112. Найти конечное влагосодержание (либо температуру газа) в смесительном теплообменнике из его теплового баланса, считая газ на выходе полностью насыщенным.
113. Найти количество вторичного пара (либо крепкого раствора) в выпарной установке, используя материальные балансы.

114. Найти примерный расход пара на выпарку в одноступенчатой выпарной установке.
115. Определить время сушки материала в первом периоде.
116. Определить время сушки материала во втором периоде.
117. К каким процессам относиться переход компонента из одной фазы в другую.
118. Выделение растворенного вещества из раствора при охлаждении раствора это?
119. Что такое десорбция. Приведите пример.
120. Процесс перехода компонента из одной фазы в другую.
121. Типы насадки в насадочных абсорберах.

### 3.2 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания представляет собой индивидуальное задание для каждого студента. Число вариантов соответствует числу студентов.

#### Задания для проверки У.7.3.1

**Задание:** Рассчитать объемы мерников и хранилищ для фенола, формалина и сборника для надсмольной воды на стадии поликонденсации фенолформальдегидной смолы. Годовой выпуск продукции  $G_{\text{год}} = 3000$  т, коэффициент заполнения всех мерников 0,9. Количество фенола, загружаемого из расчета на 1 т конечного продукта, 1063,7 кг/т. Количество формалина, загружаемого из расчета на 1 т конечного продукта, 735,4 кг/т. Период процесса  $\tau = 6$  ч,  $N = 320$ ,  $Z = 10\%$ ,  $Y = 10$ , плотности фенола и формалина  $1070 \text{ кг/м}^3$  и  $1096 \text{ кг/м}^3$  соответственно. Операционная масса потока в сборнике  $G$ , кг/опер.

#### Задания для проверки В.7.3.1

**Задание:** Рассчитать трубчатую печь для нагрева блаханской масляной нефти, если известно, что топливом служит мазут следующего элементного состава: углерод 84, водород 18, сера 3, кислород 1% масс.

Элементный состав топлива определяется по экспериментальным данным или расчетным путем. Сырье в количестве 150 т/ч с начальной температурой  $t_n = 170^\circ\text{C}$  требуется нагреть до  $t_k = 375^\circ\text{C}$ .

Давление на выходе из печи определяется из гидравлического расчета последующих аппаратов. Пусть в данном примере это давление  $P_k = 0,265$  МПа. Исходные данные для расчета однократного испарения балаханской масляной нефти взятые из литературы приведены в таблице

Компонент № п/п	Массовая доля в исходной смеси	Плотность	Температура кипения ( $t_i$ ), °C	Молекулярная масса ( $M_i$ )
1	0,0865	0,761	115	110
2	0,0559	0,798	165	142
3	0,0653	0,819	202	166
4	0,0755	0,836	237	192
5	0,0873	0,853	272	222
6	0,1023	0,871	310	260
7	0,1243	0,889	358	316
8	0,4028	0,935	510	512
Сумма	1,0000			

### 4 Типовые задания для выполнения текущей аттестации

#### 4.1 Материалы коллоквиумов

Коллоквиум, групповое обсуждение результатов по теме: «Предпроектирование и проектирование химических производств».

Обучающиеся изучают теоретическую часть предстоящей лабораторной работы,

получают задание на группу 1-2 человек: оценить факторы влияющие на выбор метода (технологии) производства. По окончании работы проходит обсуждение.

Коллоквиум, групповое обсуждение результатов по теме: «**Интегрированное проектирование химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях неопределенности**».

Обучающиеся изучают теоретическую часть предстоящей лабораторной работы, получают задание на группу 1-2 человек: изобразить иерархическую структуру химического предприятия как сложной ХТС. По окончании работы проходит обсуждение.

Коллоквиум, групповое обсуждение результатов по теме: «**Новые подходы к аппаратурно-технологическому оформлению гибких автоматизированных химических производств**»

Обучающиеся изучают теоретическую часть предстоящей лабораторной работы, получают задание на группу 1-2 человек: Сформулировать одноэтапную задачу интегрированного проектирования с мягкими ограничениями в условиях неопределенности. Записать дискретный аналог этой задачи. Каждый обучающийся проводит расчет энергетического потенциала взрывоопасности. По окончании расчетов группа определяет категорию технологического блока.

#### **4. Примеры заданий для текущей аттестации**

##### **4.1 Примеры опросов**

##### **Опрос 1: Основы промышленной безопасности в составе проектной документации**

1. Каким основным Федеральным законом должен руководствоваться проектировщик в своей деятельности?
2. Каковы признаки опасных производственных объектов?
3. Что следует понимать под промышленной безопасностью?
4. Входит ли декларация промышленной безопасности в состав проектной документации?
5. Какова периодичность пересмотра ПЛАС?
6. На какой стадии проектирования делается оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) проектируемого объекта?

##### **Опрос 2: Проектирование многоассортиментных химических производств**

1. В каких случаях производится разработка проектной документации в одну стадию?
2. Каким документом в настоящее время определяется состав проекта?
3. Как определяется стоимость проектируемого объекта?
4. Что является первоочередной задачей анализа исходных данных?
5. Что изображают на ситуационном плане?
6. Как рассчитывают нестандартное оборудование?

##### **4.2 Примеры тестовых вопросов**

###### **Тест 1.**

###### **1. Провальные решетки представляют**

- а. перфорированные листы, на которых материал удерживается в процессе работы под действием скоростного напора
- б. сушильного агента
- в. перфорированные листы, над отверстиями которых шпильками укреплены колпачки с отверстиями для выхода сушильного
- г. агента
- д. листы, на которых материал удерживается в процессе работы под действием скоростного напора  сушильного агента
- е. листы, на которых материал удерживается в процессе работы под действием скоростного напора сушильного агента

###### **2. В качестве сушильного агента, для сушилок «кипящего» слоя, используют**

- а. дымовые газы
- б. топливные газы
- в. пар

**3. Какие питатели применяют для зернистых материалов**

- а. шнековые питатели
- б. вибрационные питатели
- в. секторные питатели
- г. дисковые питатели
- д. цепные питатели
- е. пневматические винтовые питатели

**4. Выбор типа сушильного агента зависит от:**

- а. свойств высушиваемого материала
- б. формы связи влаги с высушиваемым материалом
- в. начальной влажности
- г. объемов производства
- д. способности образования зарядов статического электричества
- е. способностью к взаимодействию отдельных частиц материала между собой (адгезия) или твердой стенкой (когезия)
- ж. теплоемкостью

**5. Описание соответствует:**

**Представляет собой горизонтальный сварной цилиндрический аппарат, герметически закрытый со всех сторон.**

**Цилиндрическая часть выполнена из стали. Загрузка материала через верхний загрузочный люк. Разгрузка сушилки производится через нижний выгрузочный люк, снабженный затвором. Паровая рубашка служит для обогрева аппарата, из нее отводится конденсат. На торцах аппарата поставлены крышки тарельчатой формы, в которых имеются люки для ремонта и лючки для снятия проб без сброса вакуума.**

- а. Гребковой сушилке
- б. Петлевой сушилке
- в. Вальцеленточной сушилке
- г. Ленточной сушилке

**6. Описание соответствует:**

**Представляет собой ленточный конвейер и формовочно-сушильный валец. На поверхности вальца нанесены кольцевые канавки трапецеидального профиля, предназначенного для предварительного формования и подсушки материала. Паста поступает из бункера и пресс-валком впрессовывается в канавки сушильного вальца. Валец и пресс-валок обогреваются паром. За один оборот вальца паста подсушивается, снимается специальными ножами и поступает на конвейер, а затем на конвейер ленточной сушилки.**

- 1. Гребковой сушилке
- 2. Ленточной сушилке
- 3. Вальцеленточной сушилке
- 4. Петлевой сушилке

**7. Описание соответствует:**

**Представляет собой камеру прямоугольного сечения, в которой в виде петель перемещается высушиваемый материал, провисающий на поперечных планках, закрепленных на цепном конвейере. Внутри сушильной камеры проходит бесконечная стальная лента из металлической сетки с глубиной ячеек 10–15 мм. Паста из бункера–питателя подается на**

обогреваемые паром вальцы, вдавливающие материал в ячейки ленты. Пройдя направляющий барабан, лента с впрессованным материалом поступает в сушильную камеру и образует петли благодаря специальным поперечным планкам, которые опираются на цепной конвейер. Далее, направляющим роликом лента отводится к ударному устройству, и сухой продукт из ячеек сетки стряхивается в бункер, откуда шнеком выводится из сушилки. Сушильный агент движется перпендикулярно ленте.

1. Петлевой сушилке
2. Вальцеленточной сушилке
3. Ленточной сушилке
4. Гребковой сушилке

#### **8. Описание соответствует:**

Представляет собой установленный под углом (около 4°) к горизонтали вращающийся барабан, на который надеты два бандаж и зубчатый венец привода. Аппарат опирается бандажными на свободно вращающиеся ролики, закрепленные на опорной раме и опорно-упорной станции. Два упорных ролика ограничивают осевое смещение корпуса барабана.

Барабан вращается от моторно-редукторной группы через зубчатый венец. Частота вращения барабана – 2–12 об/мин. На концах барабана установлены: загрузочная камера для ввода влажного продукта и теплоносителя и разгрузочная камера для вывода продукта и отработанного теплоносителя из аппарата.

- а. Гребковой сушилке
- б. Вальцеленточной сушилке
- в. Барабанная конвективная сушилка

#### **Тест 2.**

**1. Переход компонента из одной фазы в другую относится к процессам ...**

- а) гидравлическим
- б) механическим
- в) массообменным
- г) теплообменным

**2. Выделение растворенного вещества из раствора при охлаждении раствора это ...**

- а) растворение
- б) кристаллизация
- в) фильтрование
- г) центрифугирование

**3. Десорбция – это переход компонента из жидкой фазы в**

- а) твердую
- б) паровую
- в) жидкую
- г) твердую и жидкую

**4. Разгоняется смесь углеводородов хлороформ ( $t_k=610\text{ C}$ ) и бензол ( $t_k=80,2^\circ\text{C}$ ). Что уходит в дистиллят ?**

- а) бензол
- б) хлороформ
- в) и бензол и хлороформ
- г) ни тот, ни другой

**5. Часть дистиллята, возвращаемая на орошение в ректификационную колонну, называется ...**

- а) кубовый остаток
- б) флегма
- в) сырье
- г) дистиллят

**6. Процесс перехода компонента из одной фазы в другую зависит ...**

- а) только от температуры
- б) только от концентрации
- в) только от давления
- г) от поверхности соприкосновения фаз и разности концентраций компонентов в фазе

**7. Какого типа насадки в насадочных абсорберах не существует ...**

- а) кольца керамические
- б) хордовая насадка
- в) ситчатая насадка
- г) кокс кусковой

**8. Коэффициент полезного действия равный 0,5 - 0,6 имеют барботажные тарелки ...**

- а) ситчатые
- б) клапанные
- в) колпачковые
- г) решетчатые

**9. Уравнение материального баланса ректификации имеет вид ...**

- а)  $G = P (R + 1)$
- б)  $L = F + \Phi$
- в)  $G = \Phi + P$
- г)  $F = P + W$

**10. Определить количество дистиллята, при разделении смеси бензол-толуол, если поступает 5,7 т/ч исходной смеси, количество кубового остатка 0,7 кг/с.**

- а) 2,5 кг/с
- б) 0,88 кг/с
- в) 5 т/ч
- г) 400 кг/с

#### 4.3 Индивидуальные задания

**Расчетное задание 1:** Произвести тепловой расчет водо-водяного теплообменника типа «труба в трубе». Определить площадь поверхности нагрева и число секций противоточного теплообменника при следующих условиях:

- 1) коэффициент теплопроводности стальной трубы  $\lambda_{ст} = 51 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$ ;
- 2) длина одной секции  $l = 4 \text{ м}$ ;
- 3) температура греющей воды на входе  $t'_{ж1} = 125 \text{ °C}$ ;
- 4) температура греющей воды на выходе  $t''_{ж1} = 75 \text{ °C}$ ;
- 5) греющая вода движется по внутренней стальной трубе диаметром  $d_2 / d_1 = 38 / 34 \text{ мм}$ ;
- 6) температура нагреваемой воды на входе  $t'_{ж2} = 20 \text{ °C}$ ;
- 7) температура греющей воды на выходе  $t''_{ж2} = 60 \text{ °C}$ ;
- 8) диаметр внешней трубы  $D_2 / D_1 = 57 / 51$ ;
- 9) количество передаваемой теплоты  $Q = 100 \text{ кВт}$ .

**Расчетное задание 2:** Рассчитать однокорпусную выпарную установку непрерывного действия для выпаривания водного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Производительность по исходному раствору 4 т/ч, концентрация исходного раствора – 0.5 %(масс.), концентрированного раствора – 2.5 %(масс.). Избыточное давление греющего пара 0.03 МПа. Исходный раствор с температурой  $20^\circ\text{C}$ . Перед подачей в выпарной аппарат подогревается греющим паром в подогревателе. Концентрированный

раствор после выпарного аппарата охлаждается в холодильнике до температуры 30<sup>0</sup>С. Начальная температура охлаждающей воды 10<sup>0</sup>С.

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

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Шкала оценивания («зачтено», «незачтено»)