

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 19.07.2023 20:38:45  
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 » июня 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ОТРАСЛИ**

Специальность

**18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий**

Специализация

**05 - Автоматизированное производство химических предприятий;**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **химической энергетики**

Санкт-Петербург

2021

## Оглавление

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3 Объем дисциплины.....	6
4 Содержание дисциплины .....	6
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2 Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа .....	9
4.4 Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	100
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	111
8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	111
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	111
10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	12
11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	112
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложение № 1 .....	14
к рабочей программе дисциплины	

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-4</b> Способен конструировать оборудование производств энергонасыщенных материалов и изделий	<b>ПК-4.3</b> Владение современными методами конструирования оборудования производств энергонасыщенных материалов и изделий	<b>Знать:</b> - основы расчета и проектирования механических узлов и элементов химического оборудования. <b>Уметь:</b> - проводить расчет конструкций, узлов, материальных потоков; выбирать основное и вспомогательное оборудование. <b>Владеть:</b> - информационными технологиями при разработке технологических аппаратов.

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

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.10.03) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Введение в химическую технологию энергонасыщенных материалов», «Прикладная механика» и «Процессы и аппараты химической технологии». Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>6/ 216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>98</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т. ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	18(18)
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	8
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>64</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>Экзамен 54, КП</b>

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2	-	-		ПК-4	ПК-4.3
2.	Общие сведения о конструкции оборудования нефтегазопереработки	4			15	ПК-4	ПК-4.3
3.	Тонкостенные сосуды и аппараты	10	10	4		ПК-4	ПК-4.3
4.	Пластины	4	4	4	15	ПК-4	ПК-4.3
5.	Оборудование с подвижными элементами конструкции	8	2	6	15	ПК-4	ПК-4.3
6.	Уплотняющие устройства подвижных элементов	4	2		15	ПК-4	ПК-4.3
7.	Толстостенные сосуды и аппараты.	2		4		ПК-4	ПК-4.3
8.	Опоры и устройства для строповки аппаратов	2			4	ПК-4	ПК-4.3

### 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение</u> Предмет и задачи дисциплины. Современное оборудование и перспективы его развития.	2	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><u>Общие сведения о конструкции оборудования нефтегазопереработки</u>  <u>Главные критерии работоспособности. Общие сведения о проектировании, его этапы.</u>  <u>Расчетные прибавки. Рабочая и расчетная температуры и давление. Допускаемые напряжения.</u></p>	4	
3	<p><u>Тонкостенные сосуды и аппараты</u>  Методики определения нагрузок для различного состояния оборудования. Потери устойчивости формы оболочек. Критерии устойчивости и коэффициенты запаса. Расчет цилиндрической обечайки на устойчивость при осевом сжатии и изгибе. Жизненный цикл оборудования.  Напряженное состояние в тонкостенных оболочках.  Теории прочности в зависимости от свойств применяемого материала; Назначение и устройство вырезов на поверхности оболочек;  Способы укрепления одиночных и взаимовлияющих отверстий; Расчет укрепляющих элементов по геометрическому критерию.</p>	10	
4	<p><u>Пластины</u>  Методы расчета пластин. Вывод формул для расчета толщины стенки плоских днищ и крышек. Расчет плоских крышек и днищ, подкрепленных ребрами жесткости. Фланцевые соединения. Конструкции фланцев. Расчет на прочность элементов фланцевого соединения.</p>	4	
5	<p><u>Оборудование с подвижными элементами конструкции</u>  Основные нагрузки, действующие на их конструктивные элементы. Элементы оборудования, подверженные механическим колебаниям.  Механические колебания элементов оборудования.  Критические частоты вращения валов.</p>	8	
6	<p><u>Уплотняющие устройства подвижных элементов</u>  Типы и конструкции уплотняющих устройств: контактных и бесконтактных. Область их применения в зависимости от условий эксплуатации (избыточное давление, температура и свойства обрабатываемой среды).</p>	4	
7.	<p><u>Толстостенные сосуды и аппараты.</u>  Особенности устройств толстостенных аппаратов, область их применения. Составные части корпусов аппаратов: обечайки, днища, крышки и их соединения. Напряженное состояние однослойной и многослойной обечайки.</p>	2	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8.	<u>Опоры и устройства для строповки аппаратов</u> Конструкции опор вертикальных аппаратов – опорные обечайки, опорные лапы и стойки. Конструкции опор горизонтальных аппаратов.	2	

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	Определение оптимальных размеров корпуса аппарата из условия минимальных затрат материала на его изготовление	2	-	Групповая дискуссия
3	Расчет на прочность корпуса емкостного аппарата	2	-	Групповая дискуссия
3	Укрепление отверстий в обечайках и днищах.	2	-	Групповая дискуссия
3	Расчет на прочность и устойчивость элементов корпуса аппарата, находящихся под рубашкой	4	-	Групповая дискуссия
4	Расчет на герметичность и прочность фланцевого соединения	4	-	
5	Расчет вала аппарата с механическим перемешивающим устройством.	2	-	
6	Расчет и конструирование сальникового уплотнения вала.	2	-	

#### 4.3.2 Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
3	Напряжения в тонкостенных осесимметричных оболочках.	4	4	
4	Герметичность фланцевого соединения.	4	4	
5	Работоспособность вала с перемешивающим устройством.	4	4	
5	Виброизоляция оборудования.	2	2	
7	Определение напряжений обечайки толстостенных аппаратов.	4	4	

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Основы оптимизации при конструировании и расчете оборудования.	15	Устный опрос
4	Критерии надежной эксплуатации сосудов и аппаратов. Типы разъемных соединений и область их применения.	15	Устный опрос
5	Медленновращающиеся и тяжело нагруженные элементы конструкции барабанного оборудования.	15	Устный опрос
6	Уплотнения контактного типа: сальниковые, торцовые и манжетные.	15	Устный опрос
8	Рекомендации по размещению опор по длине горизонтальных аппаратов.	4	Устный опрос

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

#### 6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена и защиты КП.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются билетами. Билет содержит два теоретических вопроса (для проверки знаний) и задачу (для проверки умений).

При проведении экзамена, студент получает билет с вопросами из перечня, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта билета на экзамене:

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический  
университет)**

**Кафедра химической энергетики**

УГСН 18.00.00 Химическая и биотехнология

Специальность: 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов

Специализация: Технология энергонасыщенных материалов и изделий

**Билет № 1**

1. Способы укрепления одиночных и взаимовлияющих отверстий.

2. Оболочка коническая, определение расчетной толщины.

Дата:

Зав. кафедрой химической энергетики

А.С. Мазур

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1  
Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## **7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Мильченко А. И. Прикладная механика : в 2 ч. : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / А. И. Мильченко. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 256 с. ISBN 978-5-7695-9561-5.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. /М.Ф.Михалев, Н.П.Третьяков, А.И.Мильченко, В.В.Зобнин/ под общ. ред. М.Ф.Михалева. Москва: АРИС, 2010.- 309с. ISBN 978-5-904673-05-5.

### **б) электронные учебные издания:**

1. Незамаев, Н.А. Конструирование и расчет элементов оборудования для нефтегазопереработки. Методические указания / Н.А. Незамаев, В.В. Зобнин, М.В., Коробчук – Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014 г. - 58 с.

## **8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

ЭБС «Лань». Принадлежность-сторонняя. Адрес сайта – <http://e.lanbook.com>  
Наименование организации – ООО «Издательство «Лань». Договор № 04(40)12 от 29.10.2012г.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс». Принадлежность – сторонняя.  
Контракт № 04(49)12 от 31.12.2012г. по оказанию информационных услуг с использованием экземпляров Специальных Выпусков Систем Консультант Плюс.

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.

<http://guide.aonb.ru/library.html> Путеводитель по ресурсам Интернет.

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Конструирование и расчет оборудования отрасли» 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.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

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

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

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

### **10.1 Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

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

### **10.2 Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad/

### **10.3 Базы данных и информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

База данных журналов РИНЦ.

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

Лекционные кабинеты 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е.	Специализированная мебель (20 посадочных мест), доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия
Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13	Компьютерный класс: Оборудование компьютерного класса: Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», "Росстата", "Ростехнадзор", 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).
Помещения для практических и лабораторных занятий: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13	Специализированная мебель (20 посадочных мест), лабораторное оборудование.
Помещения для самостоятельной работы: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13	Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия

## **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.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Конструирование и расчет оборудования отрасли»**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-4</b>	Способен конструировать оборудование производств энергонасыщенных материалов и изделий	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)
<b>ПК-4.3</b> Владение современными методами конструирования оборудования производств энергонасыщенных материалов и изделий	Правильно идентифицирует область применения и конструкцию машин и аппаратов производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 1 -9 к экзамену.	Перечисляет требования, предъявляемые к оборудованию	Знает, как выбирать рабочие, расчетные и пробные нагрузки	Правильно проводит расчет по основным критериям
	Правильно проводит расчет конструкций и узлов машин и аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 10 - 25 к экзамену.	Перечисляет основные элементы конструкции применяемого оборудования	Знает методы расчетов элементов конструкции на прочность.	Умеет рассчитывать элементы оборудования, подверженные механическим колебаниям
	Правильно идентифицирует область применения и конструкцию машин и аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Правильные ответы на вопросы № 26 - 32, к экзамену, ответы. Защита КП	Перечисляет основные конструкции аппаратов в производстве энергонасыщенных материалов	Знает факторы, определяющие конструкцию его основных элементов и сборочных единиц	Знает приемы оптимального расчета и проектирования конкретных машин и аппаратов

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4.3:

1. Требования, предъявляемые к оборудованию: экономичность, надежность и конструктивное совершенство;
2. Общие сведения о химическом оборудовании;
3. Напряженное состояние в тонкостенных оболочках;
4. Теории прочности в зависимости от свойств применяемого материала;
5. Конические и сферические днища определение расчетной толщины;
6. Эллиптические днища и крышки определение расчетной толщины;
7. Цилиндрическая оболочка, определение расчетной толщины;
8. Оболочка коническая, определение расчетной толщины;
9. Сферическая оболочка, определение расчетной толщины;
10. Назначение и устройство вырезов на поверхности оболочек;
11. Способы укрепления одиночных и взаимовлияющих отверстий;
12. Расчет укрепляющих элементов по геометрическому критерию;
13. Фланцевые соединения. Конструкции фланцев;
14. Расчет на прочность элементов фланцевого соединения.
15. Критические частоты вращения валов.
16. Условие виброустойчивости;
17. Уплотняющие устройства подвижных элементов.
18. Типы и конструкции уплотняющих устройств;
19. Особенности устройств толстостенных аппаратов, область их применения;
20. Конструкции цилиндрических обечаек: однослойных и многослойных;
21. Классификация опор аппаратов химической промышленности.
22. Конструкции опор вертикальных аппаратов метод расчета.
23. Опорные обечайки, опорные лапы и стойки, расчет.
24. Жизненный цикл оборудования;
25. Основные конструкторские материалы, применяемые в химическом машиностроении;
26. Общие сведения по конструкции тонкостенной оболочки;
27. Расчетные и исполнительные толщины стенок;
28. Рабочая и расчетная температуры;
29. Рабочие, расчетные и пробные нагрузки;
30. Допускаемые напряжения с учетом свойств материала, типа заготовки и экологической опасности обрабатываемой среды;
31. Плоские днища определение расчетной толщины;
32. Уплотнения контактного типа: сальниковые, торцовые;
33. Составные толстостенные обечайки. Распределение напряжений по толщине стенки;
34. Конструкции выпуклых, плоских днищ и крышек аппаратов высокого давления;
35. Конструкции опор горизонтальных аппаратов;

#### 4. Темы курсовых проектов:

- аппарат вертикальный с механическим перемешивающим устройством (вариант № 1 по № 25);
- кожухотрубчатый теплообменный аппарат (вариант № 1 по № 20);
- колонный аппарата (вариант № 1 по № 15);
- аппарат с вращающимся барабаном (печи, сушилки) (вариант № 1 по № 15);

**5. 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 СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и защиты КП.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).