

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИИИПТ  
 Манабаев К.К.  
 « 01 » 09 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2021 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>Расчет и конструирование основного оборудования отрасли</b>			
Направление подготовки/ специальность	18.03.01 Химическая технология		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Химический инжиниринг		
Специализация	Машины и аппараты химических производств		
Уровень образования	высшее образование - <b>бакалавриат</b>		
Курс	<b>4</b>	семестр	<b>7</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>6</b>		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		<b>32</b>
	Практические занятия		<b>32</b>
	Лабораторные занятия		<b>32</b>
	ВСЕГО		<b>96</b>
	Самостоятельная работа, ч		<b>120</b>
	ИТОГО, ч		<b>216</b>

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ Н.М. Кижнера
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ Н.М. Кижнера на правах кафедры			Краснокутская Е.А.
Руководитель специализации			Горлушко Д.А.
Преподаватель			Балмашнов М.А.

2021г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Наименование
ПК(У)-2	Способен управлять процессами планирования и организации производства на уровне предприятия	И.ПК(У)-2.1	Проводит подбор сырья, методов и условий проведения процесса производства композиционных материалов с заданными свойствами	ПК(У)-2.1В2	Владеет методами оптимизации основных процессов производства
				ПК(У)-2.1У2	Умеет характеризовать основные процессы химической технологии
				ПК(У)-2.1З2	Знает аналитические и численные методы решения поставленных задач профессиональной деятельности
ПК(У)-3	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта	И.ПК(У)-3.1	Демонстрирует знание технологического процесса производства материалов и изделий с заданными характеристиками	ПК(У)-3.1В1	Владеет методами и средствами проектирования оборудования различного назначения
				ПК(У)-3.1У1	Умеет использовать информационные технологии при разработке проектов оборудования различного назначения
				ПК(У)-3.1З1	Знает средства информационных технологий при разработке проектов изделий различного назначения

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы (Б1.В.М Вариативная часть. Модуль специализации. Б1.В.М.2. Машины и аппараты химических производств).

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные и профессиональные знания в проектной деятельности	И.ПК(У)-2.1; И.ПК(У)-3.1
РД-2	Освоить методологию расчета и конструирования элементов оборудования с использованием современных программных средств и баз данных	И.ПК(У)-2.1; И.ПК(У)-3.1
РД-3	Самостоятельно выполнять компьютерные расчеты при проектировании элементов оборудования	И.ПК(У)-2.1; И.ПК(У)-3.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
<b>Раздел (модуль) 1. Общие принципы и методология конструирования МАХП</b>	РД-1	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>24</b>
<b>Раздел (модуль) 2. Тонкостенные сосуды и аппараты</b>	РД-2, РД-3	Лекции	<b>14</b>
		Практические занятия	<b>14</b>
		Лабораторные занятия	<b>14</b>
		Самостоятельная работа	<b>46</b>
<b>Раздел (модуль) 3. Толстостенные сосуды и аппараты высокого давления</b>	РД-2, РД-3	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>35</b>
<b>Раздел (модуль) 4. Вращающиеся элементы машин и аппаратов</b>	РД-2, РД-3	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>35</b>

#### Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Общие принципы и методология конструирования МАХП**

Основные этапы проектирования и конструирования. Классификация основных деталей и сборочных единиц. Основные требования, предъявляемые к конструкциям МАХП. Система нормативной документации при разработке МАХП и ее роль. Виды расчетов и их основные цели. Основные конструкционные материалы, их классификация и область применения. Новые и перспективные материалы. Влияние конструкционного материала и технология изготовления на конструкцию. Особенности конструирования из различных материалов.

#### **Темы лекций:**

1. Основные требования, предъявляемые к конструкциям МАХП
2. Влияние конструкционного материала и технологии изготовления на конструкцию МАХП
3. Основные сведения по устройству, расчету и испытанию МАХП

#### **Темы практических занятий:**

1. Изучение ГОСТ 34233.1-2017 Общие требования
2. Изучение ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные
3. Изучение ГОСТ 26158-84 СиА из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования
4. Изучение ГОСТ 26159-84 Сосуды и аппараты чугунные. Нормы и методы расчета на прочность

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение допускаемых напряжений для рабочих условий и испытаний
2. Определение основных расчетных параметров по ГОСТ 34233.1-2017
- 3.

## **Раздел 2. Тонкостенные сосуды и аппараты**

Нормативные и расчетные параметры. Общие сведения об оболочках и пластинках. Основные понятия и определения. Напряженное состояние материала упругих осесимметричных оболочек. Условие прочности. Понятия об устойчивости тонкостенных оболочек. Расчет оболочек на устойчивость от совместного или раздельного действия нагрузок. Условие устойчивости. Расчет круглых и кольцевых пластинок. Виды неразъемных соединений. Методика расчета на прочность с учетом краевых сил и моментов. Укрепление отверстий в оболочках. Расчетные методики и конструкции укрепления. Конструкции разъемных соединений и область их применения. Герметичность соединения и расчет фланцев на прочность.

### **Темы лекций:**

1. Тонкостенные оболочки, нагруженные внутренним давлением
2. Тонкостенные оболочки, нагруженные наружным давлением, изгибающим моментом, осевыми и поперечными усилиями
3. Пластины и плоские днища
4. Неразъемные соединения оболочек и пластин
5. Расчет и конструирование разъемных соединений
6. Укрепление отверстий

### **Темы практических занятий:**

1. Изучение ГОСТ 34347-2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия
2. Изучение ГОСТ 34233.2-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаяек, выпуклых и плоских днищ и крышек
3. Изучение ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях
4. Изучение ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

### **Названия лабораторных работ:**

1. Конструирование и расчет на прочность тонкостенных оболочек
2. Конструирование и расчет на прочность и устойчивость тонкостенных оболочек
3. Конструирование и расчет на прочность плоских крышек и днищ
4. Конструирование и расчет укреплений отверстий
5. Конструирование и расчет на прочность неразъемных соединений
- 6.

## **Раздел 3. Толстостенные сосуды и аппараты высокого давления**

Составные части корпусов аппаратов высокого давления. Цилиндрические обечайки различной конструкции. Конструкции крышек и днищ. Расчет толщины стенки корпуса аппарата высокого давления по методу максимальных напряжений. Температурные напряжения в толстостенном цилиндре. Расчет толстостенных цилиндрических оболочек при одновременном воздействии давления и тепловых нагрузок. Составные оболочки высокого давления. Особенности расчета толстостенных пластин. Расчет выпуклых и плоских днищ и крышек. Расчет затворов.

### **Темы лекций:**

1. Особенности конструирования толстостенных аппаратов высокого давления
2. Расчет элементов корпуса аппаратов высокого давления
3. Расчет днищ, крышек аппаратов высокого давления

#### 4. Расчет фланцев аппаратов высокого давления

##### **Темы практических занятий:**

1. Изучение ГОСТ Р 54803-2011. Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования
2. Изучение ГОСТ Р 54522-2011 Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических обечаек, днищ, фланцев, крышек. Рекомендации по конструированию
3. ГОСТ 25215-82 Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность
4. ГОСТ 26303-84 САВД. Шпильки. Методы расчета на прочность
5. ГОСТ Р 55597-2013 САВД нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем давлении

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Конструирование и расчет корпуса АВД
2. Расчет и конструирование днищ и крышек АВД
3. Расчет и конструирование фланцев АВД

#### **Раздел 4. Вращающиеся элементы машин и аппаратов**

Основные понятия и определения. Расчет дисков простейших профилей: постоянной толщины, конического, гиперболического. Расчет цилиндрических и конических оболочек центрифуг. Приближенные методы определения частоты собственных колебаний конструкции. Критические скорости вращающихся валов. Резонансный характер критических явлений. Самоцентрирование валов. «Жесткие» и «гибкие» валы. Условие виброустойчивости. Влияние различных факторов на критическую скорость вала. Методика расчета быстровращающихся валов с учетом их главных критериев работоспособности

##### **Темы лекций:**

1. Расчет быстровращающихся оболочек и дисков
2. Механические колебания элементов химического оборудования
3. Расчет деталей, работающих в условиях динамических колебаний

##### **Темы практических занятий:**

1. АТК 24.201.17-90 Мешалки. Типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования
2. АТК 24.201.13-90 Уплотнения валов торцовые
3. ГОСТ 20680-2002 Аппараты с механическими перемешивающими устройствами

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Расчет быстровращающихся оболочек и дисков.
2. Расчет валов, работающих в условиях динамических колебаний.

#### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с электронными файлами (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная учебная литература (ОСН)

1. Беляев, В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств. учебное пособие Ч. 1: - 3-е изд., доп. и испр. / В. М. Беляев, В. М. Миронов - Томск : Изд-во ТПУ , 2016. Доступ из корпоративной сети ТПУ. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m092.pdf>
2. Беляев, В.М., Миронов В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Толстостенные сосуды и вращающиеся детали: учебное пособие Ч. 2: — 2-е изд , доп. и испр. / - Томск : Изд-во ТПУ , 2016. Доступ из корпоративной сети ТПУ. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m095.pdf>
3. Семакина, О. К. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие [Электронный ресурс] / О. К. Семакина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2230/fulltext2/m/2012/m216.pdf>

#### Электронные ресурсы (ЭР)

1. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2018. – 35 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
2. ГОСТ 34233.2-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. – М.: Стандартинформ, 2018. – 58 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
3. ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлении. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. – М.: Стандартинформ, 2018. – 45 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
4. ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. – М.: Стандартинформ, 2018. – 46 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
5. ГОСТ 34233.5-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. - М.: Стандартинформ, 2018. – 36 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
6. ГОСТ 34233.6-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках (утв. приказом Росстандарта от 14.12.2017 N 1994-ст) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный.
7. ГОСТ 34233.12-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполняемых на ЭВМ (с Поправкой) (утв. приказом Росстандарта от 14.12.2017 N 2000-ст) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный

8. ГОСТ 9493-80. Сосуды и аппараты. Ряд условных (номинальных) давлений. — Изд. официальное. — М.: Издательство стандартов, 1980. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
9. ГОСТ 9617-76. Сосуды и аппараты. Ряды диаметров. — Изд. официальное. — М.: Издательство стандартов, 1976. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
10. ГОСТ 13716-73 Устройства строповые для сосудов и аппаратов. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
11. ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
12. ГОСТ 26158-84 СтА из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
13. ГОСТ 26159-84 Сосуды и аппараты чугунные. Нормы и методы расчета на прочность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
14. ГОСТ 34347-2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия
15. ГОСТ Р 54803-2011. Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
16. ГОСТ Р 54522-2011 Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических обечаек, днищ, фланцев, крышек. Рекомендации по конструированию. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
17. ГОСТ 25215-82 Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
18. ГОСТ 26303-84 Сосуды и аппараты высокого давления. Шпильки. Методы расчета на прочность
19. ГОСТ Р 55597-2013 Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем давлении. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный
20. АТК 24.201.17-90 Мешалки. Типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования
21. АТК 24.201.13-90 Уплотнения валов торцовые. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>, свободный

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли», / В. М. Беляев, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт электронного образования (ИнЭО) <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3289>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с перечнем **Перечнем лицензионного программного обеспечения, установленное в аудиториях ТПУ** (<https://portal.tpu.ru/desktop/staff/soft>):

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Amazon Corretto JRE 8; Autodesk AutoCAD Mechanical 2015 Education; Autodesk Inventor Professional 2015 Education; Design Science MathType 6.9 Lite; Document Foundation LibreOffice; Far Manager; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Oracle VirtualBox; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс), 634034, Томская область, г. Томск, Советская улица, д. 73, стр. 1, 113	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 17 посадочных мест; Компьютер - 16 шт.; Принтер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 43а, аудитория 105	Комплект мебели на 28 посадочных мест; компьютер (3 шт.); проектор (1 шт.).

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 18.03.01 Химическая технология, ООП "МАХП" (приема 2021 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		М.А. Балмашнов

Программа одобрена на заседании выпускающего НОЦ Н.М Кижнера (протокол от «30» августа 2021г. № 6).

Заведующий кафедрой - руководитель  
научно-образовательного центра на правах кафедры,  
д.х.н., профессор

 /Краснокутская Е.А./

### Лист изменений рабочей программы дисциплины

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ Н.М Кижнера (протокол)