

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИНИЦТ

Р.Р. Даминев

(подпись)

29.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

(12624) Основы конструирования и расчета технологического оборудования

Направление подготовки (специальность): **15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность: **профиль «Оборудование нефтегазовой отрасли»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Форма обучения: **очная; заочная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Технологические машины и оборудование (ТМО);**

Трудоемкость дисциплины: **7 з.е. (252 час)**

Уфа 2023

Рабочую программу дисциплины разработал(и):

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Ковшова Юлия Сергеевна

Рецензент

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Баязитов Марат Ихсанович

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологические машины и оборудование (ТМО);, обеспечивающей преподавание дисциплины 18.05.2023, протокол №8.

Заведующий кафедрой

Технологические машины и оборудование (ТМО)_____ С.В. Чертовских

Технологические машины и оборудование (ТМО)_____ И.Р. Кузеев

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой ТМО_____ И.Р. Кузеев

Год приема 2023 г.

Рабочая программа зарегистрирована 08.06.2023 № 6 в ОПЛА и внесена в электронную базу данных

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, предшествующие изучению данной дисциплины (исходя из формирования этапов по компетенциям): Конструкции и прочность машинного оборудования; Метрология, стандартизация и сертификация; Основы проектирования; Теория механизмов и машин; Технологическая (проектно-технологическая) практика; Технология машиностроения

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее (исходя из формирования этапов по компетенциям):

Блок: Блок 1. Дисциплины (модули);

Обязательная или часть, формируемая участниками образовательных отношений (в том числе элективные дисциплины): Обязательная часть;

Форма обучения: очная

Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежу- точной аттестации
	Зачет- ные едини- цы	Часы			
		Общая	В том числе		
			контакт- ная	СРО	
7	4	144	70	74	экзамен;
8	3	108	44	64	экзамен;
ИТОГО:	7	252	114	138	

Форма обучения: заочная

Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежу- точной аттестации
	Зачет- ные едини- цы	Часы			
		Общая	В том числе		
			контакт- ная	СРО	
9	4	144	28	116	экзамен;
10	3	108	26	82	экзамен;
ИТОГО:	7	252	54	198	

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

№ пп.	Формируемые компетенции	Шифр/индекс компетенции
1	Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	ОПК-13-3
2	Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5-4

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Шифр компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Шифр результата обучения	Результат обучения
ОПК-5	5.1 Применяет нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, для решения поставленных задач	З(ОПК-5)	Знать: основные виды рабочей проектной и технической документации; принципы заполнения технической характеристики и технических требований, указываемых на чертеже; основные нормативные документы, регламентирующие конструкцию технологического оборудования.
		У(ОПК-5)	Уметь: оформлять проектно-конструкторскую документацию, выполнять чертежи и пояснительную записку; пользоваться базой нормативных документов и пользоваться стандартами.
		В(ОПК-5)	Владеть: навыками работы с технической документацией, нормативными документами, техническими условиями и

Шифр компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Шифр результата обучения	Результат обучения
			другими стандартами; выполнять рабочие чертежи технологических аппаратов.
ОПК-13	13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования 13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	З(ОПК-13)	Знать: принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.
		У(ОПК-13)	Уметь: выбирать конструкционные материалы для проектируемого оборудования; технические характеристики конструкционных материалов; выбирать толщины основного и плакирующего слоя для двухслойного листового проката; выполнять расчет на прочность и устойчивость; определять действующие нагрузки; рассчитывать толщину стенки оболочки, проверять прочность оболочки по допускаемому давлению; выбирать стандартные элементы конструкции (днища, штуцера, фланцы, опоры); определять критическую частоту вращающихся элементов (валов, оболочек).
		В(ОПК-13)	Владеть: навыками проектиро-

Шифр компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Шифр результата обучения	Результат обучения
			вания и расчета на прочность и устойчивость технологического оборудования с использованием специализированного программного комплекса "ПАССАТ"

3. Структура дисциплины

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость (всего и по семестрам, в часах)

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Всего и по семестрам, часы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контактная работа, всего в том числе:	114							70	44				
лекции (всего)	46							28	18				
-в т.ч. лекции on-line курс	0												
практические занятия (ПЗ)	36							24	12				
-в т.ч. практические занятия on-line курс	0												
лабораторные работы (ЛР)	20							12	8				
контролируемая самостоятельная работа (защита курсового проекта, курсовой работы и др. работ (при наличии))	0												
-в т.ч. лабораторные работы on-line курс	0												
иная контактная работа (сдача зачета, экзамена, консультации)	12							6	6				
проектная деятельность (ПД)	0												
Самостоятельная работа обучающихся (СРО), всего в том числе: (указать конкретный вид СРО)	138							74	64				
выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы	0												
выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п	0												
изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	51							30	21				

подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям	41								21	20				
подготовка к сдаче зачета, экзамена	46								23	23				
иные виды работ обучающегося (при наличии)	0													
освоение on-line курса	0													
самостоятельная проектная деятельность (СПД)	0													
ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	252								144	108				

Форма обучения: заочная

Вид учебной работы	Всего и по семестрам , часы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контактная работа, всего в том числе:	54									28	26		
лекции (всего)	16									8	8		
-в т.ч. лекции on-line курс	0												
практические занятия (ПЗ)	18									10	8		
-в т.ч. практические занятия on-line курс	0												
лабораторные работы (ЛР)	8									4	4		
контролируемая самостоятельная работа (защита курсового проекта, курсовой работы и др. работ (при наличии))	0												
-в т.ч. лабораторные работы on-line курс	0												
иная контактная работа (сдача зачета, экзамена, консультации)	12									6	6		
проектная деятельность (ПД)	0												
Самостоятельная работа обучающихся (СРО), всего в том числе: (указать конкретный вид СРО)	198									116	82		
выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы	0												
выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п	0												
изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	79									50	29		
подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям	73									43	30		

подготовка к сдаче зачета, экзамена	46									23	23		
иные виды работ обучающегося (при наличии)	0												
освоение on-line курса	0												
самостоятельная проектная деятельность (СПД)	0												
ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	252									144	108		

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий (в часах)

Форма обучения: очная

(раздела)Номер темы	Название темы (раздела)	Семестр	Трудоемкость, часы					Шифр результата обучения
			Л	ПЗ	ЛР	СРО	Всего	
1	Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	7	28	24	12	74	138	З(ОПК-13) З(ОПК-5) У(ОПК-13) У(ОПК-5) В(ОПК-13) В(ОПК-5)
2	Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	8	18	12	8	64	102	З(ОПК-13) У(ОПК-13) В(ОПК-13)
ИТОГО:			46	36	20	138	240	

Форма обучения: заочная

(раздела)Номер темы	Название темы (раздела)	Семестр	Трудоемкость, часы					Шифр результата обучения
			Л	ПЗ	ЛР	СРО	Всего	
1	Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	9	8	10	4	116	138	З(ОПК-13) З(ОПК-5) У(ОПК-13) У(ОПК-5) В(ОПК-13) В(ОПК-5)
2	Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	10	8	8	4	82	102	З(ОПК-13) У(ОПК-13) В(ОПК-13)
ИТОГО:			16	18	8	198	240	

4.2. Содержание лекционного курса

№ пп.	Номер раздела	Название темы	Трудоемкость, часы		
			очная	очно-заочная	заочная
1	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Введение. Задачи и принципы конструирования и расчета технологического оборудования нефтегазовой	2		1

		отрасли. Цели и задачи дисциплины. Общие сведения о технологическом оборудовании. Жизненный цикл технологического оборудования. Особенности условий работы технологического оборудования при переработке нефти, газа и нефтепродуктов. Основные требования к оборудованию: экономические, социальные, эксплуатационные и технологические. Общие сведения о паспорте сварных сосудов и аппаратов и нормативном документе ГОСТ 34347-2017. Группа аппарата.			
2	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Тонкостенные сосуды и аппараты. Основные элементы конструкции и требования к ним. Особенности устройства колонных аппаратов Причины и признаки деления аппаратов на тонко- и толстостенные. Основные элементы и узлы. сосудов и аппаратов. Требования к конструкции основных элементов сварных сосудов и аппаратов. Конструирование днищ. Особенности конструкции колонных аппаратов.	2		1
3	1-Принципы	Конструкцион-	2		1

	конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	ные материалы. Требования, порядок выбора Виды конструкционных материалов. Правила выбора конструкционных материалов. Допустимые параметры эксплуатации конструкционных материалов. Определение допускаемых напряжений конструкционных материалов. Особенности биметаллов.			
4	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Расчет на прочность основных элементов сосудов и аппаратов от действия внутреннего давления Расчетные параметры. Расчетные условия. Допускаемое давление. Условия применимости формул. Безмоментная теория расчета тонкостенных оболочек. Уравнение Лапласа. Уравнение равновесия зоны. Расчет толщины стенки. Прибавки к расчетной толщине. Условие прочности по третьей теории.	4		1
5	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Фланцевые соединения, штуцера, люки Конструкции штуцеров, люков и фланцев. Правила выбора. Ограничений применения. Понятие номинального диаметра и номинального давления. Укрепление отверстий	2		1

		в обечайках. Расчет фланцевых соединений			
6	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Укрепление отверстий Понятие краевого эффекта. Влияние отверстий на прочность элементов сосудов и аппаратов. Способы укрепления отверстий. Расчет укрепления отверстий методом замещения площадей.	2		
7	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Расчет фланцевых соединений на прочность и герметичность Нагрузки, действующие на элементы фланцевого соединения. Этапы расчета фланцевых соединений на прочность и герметичность согласно ГОСТ 34.233.4-2017.	2		
8	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Конструирование и расчет тепловой изоляции оборудования Задачи, которые решает тепловая изоляция. Основные параметры тепловой изоляции, которые влияют на ее конструкцию (плотность и теплопроводность). Основы теории расчета тепловой изоляции. Расчетные формулы определения толщины изоляции, в зависимости от решаемой задачи. Определение расчетной температуры окружающей среды для	2		

		расчета толщины изоляции. Элементы крепления тепловой изоляции на сосуды и аппараты.			
9	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Устойчивость сосудов и аппаратов Понятие об устойчивости. Критерии устойчивости. Верхняя и нижняя критические нагрузки. Расчет цилиндрических оболочек, находящихся под действием осевых (продольных), сжимающих сил. Общая и местная потеря устойчивости. Особенности расчета оболочек под наружным давлением. Расчет толщины стенки от нагрузки наружного давления. Понятие длинной и короткой оболочек. Конструирование цилиндрических оболочек с кольцами жесткости. Потеря устойчивости при сложном нагружении (внешнее давление, осевая сжимающая сила, изгибающий момент).	4		1
10	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Расчет сосудов, работающих под вакуумом на прочность и устойчивость. Биметаллы, особенности расчета элементов из биметалла. Особенности расчета на прочность и устойчивость сосудов, работающих под вакуумом.	2		

11	1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	Расчет сосудов и аппаратов на ветровую нагрузку Условия, необходимые для расчета на ветровую нагрузку. Составление расчетной схемы. Определение нагрузок от ветрового давления. Проверка прочности и устойчивости опасных сечений аппарата.	4		2
12	2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	Моментная теория расчета толстостенных оболочек на прочность Сопряжение оболочек. Краевая задача. Природа краевых нагрузок. Зона действия краевого эффекта. Понятие о длинных и коротких цилиндрических оболочках. Определение краевых нагрузок по методу сил.	4		2
13	2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	Сосуды и аппараты высокого давления (толстостенные оболочки) Особенности конструирования сосудов высокого давления. Условия применимости формул расчета сосудов высокого давления на прочность. Трехосное напряженное состояние. Расчет толщины стенки сосудов и аппаратов высокого давления. Возможности повышения несущей способности	6		2

		стенки и снижения толщины стенки.			
14	2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	Колебания и расчет валов на виброустойчивость Валы, классификация валов. Критическая скорость вращения вала с одним диском. Понятие о жестких и гибких валах. Условие виброустойчивости. Влияние различных факторов на критическую скорость вала.	4		2
15	2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	Расчет вращающихся оболочек Основы расчета на прочность быстровращающихся сплошных и перфорированных оболочек.	2		1
16	2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	Особенности расчета аппаратов с рубашкой. Опоры Назначение аппаратов с рубашками. Виды рубашек. Типы сопряжения рубашек и корпуса. Порядок расчета аппаратов с рубашками.	2		1
	-	ИТОГО:	46		16

4.3. Перечень лабораторных работ

Номер раздела	№ ЛР	Название лабораторной работы	Трудоемкость, часы		
			очная	очно-заочная	заочная
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	1	Гидроиспытания сосудов и аппаратов Правила проведения гидравлических испы-	4		

		таний. Последовательность действий при проведении гидроиспытаний. Расчет пробного давления для проведения гидроиспытания. Правила завершения гидроиспытаний. Осмотр и заключение об успешном или неуспешном прохождении гидроиспытаний			
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	2	Устойчивость цилиндрических обечаек от осевого сжимающего усилия Описание лабораторного стенда. Замер образцов. Проведение испытаний. Понятие критической нагрузки. Расчет критической нагрузки аналитическим методом. Сравнение результатов лабораторных исследований и расчетных значений критической нагрузки. Выводы.	4		2
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	3	Устойчивость цилиндрических обечаек от наружного давления. Описание лабораторного стенда. Замер образцов. Проведение испытаний. Понятие критической нагрузки. Расчет критической нагрузки	4		2

		аналитическим методом. Сравнение результатов лабораторных исследований и расчетных значений критической нагрузки. Выводы.			
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	4	Определение критической скорости консольного вала Описание лабораторного стенда. Проведение испытаний консольного вала с грузами разной массы. Понятие критической скорости. Расчет критической скорости аналитическим методом. Сравнение результатов лабораторных исследований и расчетных значений критической нагрузки. Выводы.	4		2
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	5	Определение критической скорости однопролетного вала Описание лабораторного стенда. Проведение испытаний однопролетного вала с грузами разной массы. Понятие критической скорости. Расчет критической скорости аналитическим методом. Сравнение результатов лабораторных исследований и расчетных значений критической нагрузки.	4		2

		Выводы.			
-		ИТОГО:	20		8

4.4. Перечень практических занятий

Номер раздела	№ ПЗ	Тема практического занятия	Трудоемкость, часы		
			очная	очно-заочная	заочная
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	1	Расчет горизонтальной емкости на прочность Составление эскиза. Определение расчетных параметров. Определение допускаемых напряжений. Расчет пробного давления. Выполнение расчета толщины стенки для рабочих условий и условий испытаний. Моделирование емкости в программе ПАССАТ. Составление технической характеристики. Моделирование цилиндрической обечайки и днищ с дефектами или отклонениями размеров и форм. Оценка увеличения напряжений и проверка прочности.	8		2
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	2	Расчет колонны под внутренним избыточным давлением на прочность и устойчивость Составление	8		6

		эскиза. Определение расчетных параметров. Определение допускаемых напряжений. Расчет пробного давления. Выполнение расчета толщины стенки для рабочих условий и условий испытаний. Моделирование колонны в программе ПАССАТ. Составление технической характеристики. Расчет колонны включает: прочность от внутреннего давления, устойчивость от собственного веса, прочность и устойчивость от ветровой нагрузки, расчет укрепления отверстий и расчет фланцевых соединений			
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	3	Расчет колонны из биметалла и под наружным давлением на прочность и устойчивость Составление эскиза. Определение расчетных параметров. Определение допускаемых напряжений. Расчет пробного давления. Моделирование колонны в программе ПАССАТ. Составление технической характеристики.	8		2

		Расчет колонны включает: прочность и устойчивость от наружного давления, устойчивость от собственного веса, прочность и устойчивость от ветровой нагрузки, конструирование колец жесткости			
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	4	Расчет на прочность вертикального сосуда типа ВПС Проверка прочности узла сопряжения двух оболочек по моментной теории. Составление расчетной схемы и определение краевых нагрузок, возникающих в месте соединения цилиндрической обечайки с плоским днищем (на краю оболочки) для емкости типа ВПС, работающей под внутренним давлением. Проверка прочности цилиндрической обечайки в месте соединения ее с плоским днищем (на краю оболочки) при совместном воздействии внутреннего давления и краевых нагрузок.	4		
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	5	Расчет на прочность однослойного сосуда высокого	4		4

		давления Разработка эскиза сосуда высокого давления. Моделирование сосуда высокого давления в программе ПАССАТ. Анализ результатов по проверке прочности.			
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	6	Определение диаметра вала с учетом условия виброустойчивости для жесткого и гибкого вала Определение диаметров валов из условия виброустойчивости и их сравнение для различных расчетных схем, для гибких и жестких валов.	2		2
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	7	Расчет на прочность сосуда с рубашкой Разработка эскиза сосуда с рубашкой. Моделирование сосуда с рубашкой в программе ПАССАТ. Анализ результатов по проверке прочности.	2		2
-		ИТОГО:	36		18

4.5. Виды СРО

Номер раздела	Вид СРО	Трудоемкость, часы		
		очная	очно-заочная	заочная

1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	подготовка к сдаче зачета, экзамена	23		23
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям	21		43
1-Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	30		50
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	подготовка к сдаче зачета, экзамена	23		23
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям	20		30
2-Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	21		29
-	ИТОГО:	138		198

Темы для самостоятельной работы обучающихся

Раздел 1. Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов

Чугуны. Цветные металлы и сплавы. Композитные материалы.

Экономические аспекты выбора того или иного материала и типов конструктивных элементов. Определение нагрузок, действующих на аппарат в зависимости от его назначения и расположения.

Понятие расчетной схемы. Понятия напряжение, деформация, напряженное состояние.

Вывод уравнения Лапласа по безмоментной теории. Решение уравнения зоны.

Вывод частных уравнений для оболочек известных форм (шар, конус, цилиндр).

Решение системы уравнений совместных деформаций по определению дополнительных силовых факторов при заделке краевой зоны оболочки.

Вывод уравнений напряжений, возникающих при дополнительных силовых факторах, возникающих от стесненности деформаций при заделке края оболочки.

Раздел 2. Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования

Область применения сосудов и аппаратов высокого давления (примеры производств и технологических процессов).

Учет размеров груза при определении критической скорости вращения вала.

Появление гироскопического момента при вращении вала с сосредоточенной массой.

Учет собственной массы вала при определении критической скорости вращения вала.

5. Формы текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации

Перечень оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине приведен Фонде оценочных средств (приложение Б).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Сведения об обеспеченности дисциплины основной, дополнительной и учебно-методической литературой приведены в формах № 1-УЛ и № 2-УЛ (приложение А).

6.2. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины

Названия современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины	Ссылки на официальные сайты
Консультант +	http://www.consultant-urist.ru/
Консультант-плюс	http://www.consultant.ru/
ЭБС Znanium.com	http://znanium.com/
ЭБС Лань	https://e.lanbook.com/
Электронная библиотека УГНТУ	http://www.bibl.rusoil.net
Электронная библиотечная система издательства «ЛАНЬ»	http://e.lanbook.com/
Электронный каталог УГНТУ	http://www.bibl.rusoil.net/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1. Перечень специальных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр., используемых при реализации дисциплины с перечнем основного оборудования

№ пп.	Номер помещения	Оснащенность помещения (перечень основного оборудования)	Наименование помещения
1	1-420в	Компьютер Intel Core 2 Duo E8200(1);Компьютер WIN i3-550(2);Компьютер персональный i3-4170/21,5" PHILIPS 226V4LAB(1);МФУ hp Laser Jet Pro M1536dnf<CE538A>A4(1);Монитор 19" Acer(1);Монитор ASUS VA24DQ Black 23,8", шт(3);Сервисное устройство для очистки Katun 3 м(1);Системный блок CRONA:i7 11700/DDR4 2*16GB/SSD 250Gb Samsung/HDD 1Tb/600W(3);Шкаф(ы) для хранения	Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
2	3-201	Защитная RFID Система LSG405HF(1);Компьютер i3-2120(1);Компьютер i3-3220 K1 BenQ 21,5"(3);Компьютер i3-3240 21.5" Acer(2);Компьютер ПК НИКС\i3-4170\21.5"(1);Компьютер персональный-неттоп Celeron J1900/4Gb(1);Контрольно-кассовая машина Пионер 114Ф с ФН(1);МФУ hp Laser Jet Pro M1132<CE847A>A4(1);МФУ hp LaserJet Pro M1132<CE847A>(A4 принтер+сканер+копир)(1);Монитор Beng(1);Принтер Laser Jet 1020(1);Сканер Plustek Optic Book 4800(1);Универсальная RFID станция книговыдачи/программирования меток(3);Чековый принтер АТОЛ RP-326-USE черный Rev.6(3);Ящик каталожный 40 ячеек(5);Доступ к электронной информационно-образовательной среде (Корпоративная информационная система УГНТУ); Доступ в интернет;	Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.
3	7-A10	Доска одноэлементная для мела 1500*1000мм(1);Нагреватель индукционный Baltech HI-1610(1);Пресс автоматический гидравлический TOP TECH(1);Проектор Epson MultiMedia Projector EB-X05 1024*768(1);Станок балансировочный BM050(1);Стол лабораторный высокий(4);Установка по удалению нефтяных загрязнений(1);Шкаф для документов(1);Шкаф для одежды"Лидер"(1);Стол, стулья	Лаборатория – оснащенная лабораторным оборудованием, в зависимости от степени сложности.
4	7-417	Авт.рабочее место(тип 2)(сист.блок Кламас,мониторАОС,клавиатура+мышьMicrosoft)(4);Интерактивная доска SMART Board 680iv(1);Монитор 21,5" BENQ(3);Монитор 21,5 BenQ(11);Принтер hp Laser Jet P2014 <CB450A> A4(1);Системный блок Core i5 2400(12);Стол для за-24	Учебная аудитория для проведения курсового проектирования – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемых в учебном процессе при освоении дисциплины

№ пп.	Наименование ПО	Лицензионная чистота (реквизиты лицензии, свидетельства о гос. регистрации и т.п., срок действия)
1	Microsoft Office	Дата выдачи лицензии 01.01.2007
2	КОМПАС 3D v18	Дата выдачи лицензии 28.11.2018, Поставщик: ООО "Ас-кон-Уфа"
3	Компас 3D v18	Дата выдачи лицензии 28.11.2018, Поставщик: ООО "Ас-кон-Уфа"
4	ПО "WEBINAR (ВЕБИНАР) версия 3,0 Конфигурация 2000	Дата выдачи лицензии 08.09.2022, Поставщик: ООО СМАРТЛАЙН
5	ПС "Пассат"	Дата выдачи лицензии 21.11.2007, Поставщик: ООО НТП «Трубопровод»
6	Техэксперт	Дата выдачи лицензии 01.01.2000, Поставщик: ООО "Информация Будущего"

8. Организация обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся по данной образовательной программе, разрабатывается индивидуальная программа освоения дисциплины с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Приложение А

Форма № УЛ-1

СВЕДЕНИЯ

об обеспеченности дисциплины основной и дополнительной учебной литературой

Наименование дисциплины: (12624)(12624)Основы конструирования и расчета технологического оборудованияНаправление подготовки (специальность): 15.03.02 Технологические машины и оборудованиеНаправленность: профиль«Оборудование нефтегазовой отрасли»Форма обучения: очная;заочная;Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Технологические машины и оборудование (ТМО);

Тип	Назначение учебных изданий	Семестр			Библиографическое описание	Кол-во экз.	Адрес нахождения электронного	Кoeffициент
		очная	очно-заочная	заочная				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнуллин. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 604 с. — ISBN 978-5-507-46914-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/323645 (дата обращения: 01.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	1	http://www.e.lanbook.com	1.00

Основная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Поникаров, И. И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) : учебное пособие / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 716 с. — ISBN 978-5-8114-4753-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/126151 (дата обращения: 01.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	1	http://www.e.lanbook.com	1.00
Основная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Моделирование аппарата колонного типа в программном комплексе ПАССАТ : учеб. пособие / Р. Б. Тукаева [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. - 119 с. - Текст : непосредственный.	62	-	0.70
Основная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7		9	Кузеев, И. Р. Конструирование и расчет колонного аппарата : учебное пособие / И. Р. Кузеев, Р. Б. Тукаева ; УГНТУ, Каф. МАХП. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2010. - 198 с. - Текст : непосредственный	143	-	1.00

Дополнительная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Основное оборудование технологических установок НПЗ : учебное пособие / И. Р. Кузеев [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2013. - 126 с. - Текст : непосредственный.	35	-	0.50
Дополнительная литература	Для выполнения СРО;Для изучения теории;	7		9	Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа : учеб. пособие / С. А. Ахметов [и др.] ; ред. С. А. Ахметов. - М. : Недра, 2006. - 868 с. - Текст : непосредственный.	441	-	0.60
Дополнительная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Вихман, Г. Л. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов : учеб. для вузов / Г. Л. Вихман, С. А. Круглов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1978. - 328 с. - Текст : непосредственный.	87	-	1.00
Дополнительная литература	Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	7,8		9,10	Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи : учеб. пособие для втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко ; ред. М. Ф. Михалев. - Л. : Машиностроение, 1984. - 301 с. - Текст : непосредственный.	146	-	1.00

Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 7 и 9 - библиотекой

Составил:

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Ковшова Юлия Сер-
геевна

Год приема 2023 г.

СВЕДЕНИЯ**об обеспеченности дисциплины учебно-методическими изданиями**

Наименование дисциплины: (12624)(12624)Основы конструирования и расчета технологического оборудования

Направление подготовки (специальность): 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность профиль«Оборудование нефтегазовой отрасли»

Форма обучения очная;заочная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Технологические машины и оборудование (ТМО);

Назначение учебных изданий	Семестр			Библиографическое описание	Кол-во экз.		Адрес нахождения электронного	Коэффициент
	очная	очно-заочная	заочная		Всего	в том числе		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Для выполнения лабораторных работ;	7		9	Гидравлические (пневматические) испытания сосудов и аппаратов : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 720 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova11.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00

Для выполнения лабораторных работ;	7		9	Устойчивость цилиндрических оболочек под воздействием осевой сжимающей силы : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 576 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova12.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
Для выполнения лабораторных работ;	7		9	Устойчивость цилиндрических оболочек под воздействием наружного давления : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 828 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova13.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00

Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;	7		9	Расчет горизонтально-го емкостного аппарата : учебно-методическое пособие к практическим занятиям для бакалавров / УГНТУ, каф. ТМНМ ; сост.: Р. Г. Шарафиев, Р. Р. Шафиков. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 2,04 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMNM/Sharafiev13392.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;	7		9	Расчет на прочность емкостного оборудования : учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине "Основы конструирования и расчета оборудования отрасли" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост. Е. Ю. Туманова. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 702 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova10.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00

Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;	7,8		9,10	Расчет прочности и жесткости мест соединений штуцеров с обечайками и днищами сосудов и аппаратов нефтегазопереработки с применением программы "ШТУЦЕР-МКЭ" : учебно-методическое пособие по дисциплине "Машины и аппараты нефтегазопереработки" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост. М. И. Баязитов [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2012. - 1,05 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Baiazitov1.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
Для выполнения лабораторных работ;	7		9	Методы расчета потери устойчивости цилиндрических оболочек под действием осевой сжимающей силы : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Ю. С. Ковшова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2022. - 1,13 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Kovshova15802.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00

Для выполнения СРО;Для выполнения лабораторных работ;Для выполнения практических занятий;	8		10	Виброустойчивость валов : учебно-методическое пособие к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе обучающихся / УГНТУ, Салават. фил., каф. ОПНН ; сост. М. В. Клыков. - Уфа : УГНТУ, 2018. - 1,04 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Salawat/Klykov20.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 6,7 и 9 - библиотекой								

Составил:

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Ковшова Юлия Сергеевна

_____ Год приема 2023 г.

Приложение Б

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИНИЦТ

_____ Р.Р. Даминев
29.06.2023

**Фонд оценочных средств по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
(12624) Основы конструирования и расчета технологического оборудования**

Направление подготовки (специальность): 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: профиль «Оборудование нефтегазовой отрасли»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная; заочная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Технологические машины и оборудование (ТМО);

Трудоемкость дисциплины: 7 з.е. (252 час)

Уфа 2023

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине разработал (и):

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Ковшова Юлия Сергеевна

—
Рецензент

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Баязитов Марат Ихсанович

—

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Технологические машины и оборудование (ТМО);, обеспечивающей преподавание дисциплины 18.05.2023, протокол №8.

Заведующий кафедрой Технологические машины и оборудование (ТМО); _____ И.Р. Кузеев

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой ТМО _____ И.Р. Кузеев

Год приема 2023 г.

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
зарегистрирован 08.06.2023 № 6 в отделе МСОП и внесен в электронную базу данных

1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Шифр результата обучения	Результат обучения	Индикатор достижения компетенций	Показатели достижения результатов освоения компетенций	Вид оценочного средства
1	Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов	В(ОПК-13)	принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.	13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Демонстрирует навыки работы в специализированном программном продукте ПАС-САТ. Уверенно выполняет моделирование и расчеты технологического оборудования. Проводит расчет сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость от внутреннего давления и ветровых нагрузок по стандартным методикам с использованием специализированного программного обеспечения, делает выводы о выполнении условий прочности и устойчивости элементов сосудов и аппаратов.	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Разноуровневые задачи и задания Тест
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Демонстрирует правильный выбор конструкционных материалов. Назначает правильный тип заготовки конструкционно-	Письменный и устный опрос Разноуровне-

					го материала (лист, прокат, труба или поковка). Подбирает не только конструкционные материалы для корпусов, но и для теплоизоляционных конструкций.	вые задачи и задания Тест
		В(ОПК-5)	основные виды рабочей проектной и технической документации; принципы заполнения технической характеристики и технических требований, указываемых на чертеже; основные нормативные документы, регламентирующие конструкцию технологического оборудования.	5.1 Применяет нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, для решения поставленных задач	Демонстрирует уверенное пользование нормативными документами. Применяет данные из нормативных документов. Правильно применяет тот или иной стандарт для разных задач. Выполняет чертеж аппарата с использованием средств автоматизированного проектирования.	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Разноразные задачи и задания Тест
		З(ОПК-13)	принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.	13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Называет понятия прочность и устойчивость, формулирует условие прочности тонкостенных оболочек по третьей теории. Дает определение основных расчетных параметров: расчетная температура, расчетное давление, номинальное давление, коэффициент прочности свар-	Письменный и устный опрос Тест

					ных швов, допускаемое напряжение.	
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Называет особенности условий эксплуатации технологического оборудования отрасли и связанные с ними нагрузки и воздействия. Называет требования, предъявляемые к конструкционному материалу для стального сварного аппарата. Описывает причины и признаки деления сосудов и аппаратов на тонко- и толстостенные (вид напряженного состояния, условие тонкостенности и рабочее давление). Перечисляет основные характеристики геометрии оболочек вращения: ось, полюс, срединную поверхность, меридиан, кольцевое сечение. Называет виды напряженного состояния.	Письменный и устный опрос Тест
		З(ОПК-5)	основные виды рабочей проектной и технической документации; принципы заполнения технической характеристики и технических требований,	5.1 Применяет нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, для решения поставленных задач	Перечисляет основные нормативные документы, регламентирующие требования к конструкции основных элементов технологического	Письменный и устный опрос Тест

			указываемых на чертеже; основные нормативные документы, регламентирующие конструкцию технологического оборудования.		оборудования. Дает характеристику понятия группа аппарата. Перечисляет стадии жизненного цикла технологического оборудования и соответствующие им виды технической документации. Называет рабочие параметры оборудования, которые необходимы для прочностных расчетов и вносятся в техническую характеристику. Называет основные виды проектной документации. Называет виды чертежей и необходимые к ним спецификации. Перечисляет требования к конструкции, устройству и материальному исполнению оборудования.	
		У(ОПК-13)	принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды	13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Пишет формулы меридиональных и тангенциальных напряжений в цилиндрических, сферических, эллиптических и конических оболочках. Пишет формулы определения исполнительной толщины	Письменный и устный опрос Разноуровневые задачи и задания

			и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.		ны стенки для цилиндрической обечайки и эллиптического днища тонкостенных аппаратов. Пишет формулу для определения толщины стенки сосуда высокого давления. Составляет схему расчетных участков и расчетных сечений для расчета ветровых нагрузок.	Тест
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Выполняет расчет и подбор размеров, цилиндрической обечайки, эллиптического и полусферического днища. Выбирает материал для изготовления корпуса и опоры аппарата. Выбирает расчетные формулы. Рассчитывает толщину стенки и другие параметры. Объясняет применимость формул в том или ином случае нагружения. По рассчитанным параметрам подбирает стандартные элементы конструкции. Применяет условия прочности и устойчивости.	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Разноразные задачи и задания Тест
		У(ОПК-5)	основные виды рабочей	5.1 Применяет норма-	Выбирает размеры ку-	Письмен-

			проектной и технической документации; принципы заполнения технической характеристики и технических требований, указываемых на чертеже; основные нормативные документы, регламентирующие конструкцию технологического оборудования.	тивно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, для решения поставленных задач	бовой и сепарационной зоны аппарата по справочным таблицам; рас-пределяет внутренние устройства, люки и штуцера, подбирает высоту опоры и размеры люков с учетом условий протекания технологического процесса. Демонстрирует правильно оформленную проектно-конструкторскую документацию (чертежи и пояснительную записку) с соблюдением правил и норм установленных в отрасли.	ный и устный опрос Разно-уровневые задачи и задания Тест
10	Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования	В(ОПК-13)	принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.	13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Выполняет моделирование в программе ПАССАТ сосудов высокого давления. Анализирует расчет и применяет методы оптимизации для сокращения толщины стенки аппаратов. Выполняет расчеты аппаратов с рубашками, емкостей типа ВПС в программе Пассат. Анализирует получаемые результаты с учетом возникающих краевых нагрузок.	Письменный и устный опрос Разно-уровневые задачи и задания Тест

					Принимает решения о выборе исполнения сопряжения краевой зоны и способе укрепления краевой зоны.	
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Использует в своей работе нормативные документы и стандарты для расчета и конструирования сосудов высокого давления. Анализирует нормативные документы и ограничения на применение тех конструктивных элементов, которые могут привести к краевым нагрузкам и повышенным напряжениям. Определяет диаметр вала с учетом условия виброустойчивости.	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Разноразные задачи и задания Тест
		3(ОПК-13)		13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Называет принципы конструирования толстостенных сосудов. Называет критерии отнесения оболочек к толстостенным. Называет основные расчетные уравнения. Называет параметры влияющие на прочностной расчет и определение толщины стенки. Описывает условие	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Тест

					виброустойчивости. Объясняет понятие жесткого и гибкого вала. Называет принципы расчета тонкостенных оболочек вращения.	
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Называет причины возникновения повышенных напряжений в краевой зоне. Называет возможные места в конструкции аппаратов где могут возникнуть дополнительные напряжения. Перечисляет принципы конструирования аппаратов с учетом моментной теории расчета. Называет критерии отнесения оболочек к толстостенным. Называет основные расчетные уравнения. Называет причины возникновения вибрации во вращающихся элементах конструкции. Дает определение критической скорости вращения вала с одним диском. Называет причины возникновения критических скоростей вра-	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Тест

					щения.	
		У(ОПК-13)		13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	Определяет величину критической скорости вала и устанавливает интервал вибробезопасной работы оборудования с вращающимися элементами конструкции.	Лабораторная работа Письменный и устный опрос Разноразные задачи и задания Тест
				13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности	Составляет и анализирует эпюры распределения напряжений по толщине стенки сосуда высокого давления. Выполняет расчет толщины стенки сосуда высокого давления. Анализирует полученный результат. Предлагает решения оптимизации.	Письменный и устный опрос Разноразные задачи и задания Тест

2. Перечень оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

п/п	Вид оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Шкала оценки
1	2	3	4	5
1	Лабораторная работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике	Темы, задания для выполнения лабораторных работ; вопросы и требования к их за-	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если обучающийся умеет определять пробное давление гидравлического и пневматического испытания, определять продолжительность испытания; перечисляет признаки успешного испыта-

		для решения задач или заданий по лабораторным исследованиям	щите	ния сосуда на прочность и плотность. Умеет определять критическую осевую сжимающую силу и критическое наружное давление. Умеет определять форму потери устойчивости длинных и коротких оболочек при воздействии осевой сжимающей силы и наружного давления. Владеет методикой расчета на устойчивость цилиндрических оболочек, находящихся под действием наружного избыточного давления и осевой сжимающей силы. Дает классификацию колебаний, валов. Объясняет причины возникновения поперечных колебаний вала. Дает определение понятий: частота собственных колебаний, резонанс, частота вынужденных колебаний, критическая рабочая частота вращения вала. Описывает формулу определения частоты собственных колебаний вала с одной сосредоточенной массой. Описывает условие виброустойчивости, объясняет понятия гибкий и жесткий вал. Обучающимся даны правильные ответы на 90% контрольных вопросов – максимальный балл от 22 до 24; работа выполнена правильно и оформлена в соответствии с требованиями. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если обучающийся умеет определять пробное давление гидравлического и пневматического испытания, определять продолжительность испытания; перечисляет признаки успешного испытания сосуда на прочность и плотность. Умеет определять критическую осевую сжимающую силу и критическое наружное давление. Умеет определять форму потери устойчивости длинных и коротких оболочек при воздействии осевой сжимающей силы и наружного давления. Владеет методикой расчета на устойчивость цилиндрических оболочек, находящихся под действием наружного избыточного давления и осевой сжимающей силы. Дает классификацию колебаний, валов. Объясняет причины возникновения поперечных колебаний вала. Дает определение понятий: частота собственных колебаний, резонанс, частота вынужденных колебаний, критическая рабочая частота вращения вала. Описывает формулу определения частоты собственных колебаний вала с одной сосредоточенной массой. Описывает условие виброустойчивости, объясняет понятия гибкий и жесткий вал. Обучающимся даны правильные ответы на 80 % контрольных вопросов - максимальный балл 20; работа выполнена правильно и оформлена в соответствии с требованиями. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если при ответе на контрольные вопросы и при выполнении лабораторной работы выявлены трудности в понимании обучающимся некоторых понятий. Обучающийся умеет опреде-
--	--	---	------	--

				лять пробное давление гидравлического и пневматического испытания, определять продолжительность испытания; перечисляет признаки успешного испытания сосуда на прочность и плотность. Умеет определять критическую осевую сжимающую силу и критическое наружное давление. Умеет определять форму потери устойчивости длинных и коротких оболочек при воздействии осевой сжимающей силы и наружного давления. Дает классификацию колебаний, валов. Объясняет причины возникновения поперечных колебаний вала. Дает определение понятий: частота собственных колебаний, резонанс, частота вынужденных колебаний, критическая рабочая частота вращения вала. Обучающимся даны правильные ответы на 60 % контрольных вопросов - максимальный балл 15; работа выполнена правильно и оформлена в соответствии с требованиями. оценка «<i>неудовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если при ответе на контрольные вопросы и при выполнении лабораторной работы продемонстрирован недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала: обучающийся не умеет определять пробное давление гидравлического и пневматического испытания, определять продолжительность испытания; не называет признаки успешного испытания сосуда на прочность и плотность. Не умеет определять критическую осевую сжимающую силу и критическое наружное давление. Не умеет определять форму потери устойчивости длинных и коротких оболочек при воздействии осевой сжимающей силы и наружного давления. Не владеет методикой расчета на устойчивость цилиндрических оболочек, находящихся под действием наружного избыточного давления и осевой сжимающей силы. Не владеет методикой проверки вала на виброустойчивость. Обучающимся даны правильные ответы на менее 60% контрольных вопросов. Получено менее 20 баллов.
2	Письменный и устный опрос	Оценочное средство для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Позволяет выявить и восполнить пробелы в знаниях; повторить, закрепить, систематизировать материал; оценить знания,	Совокупность вопросов, заданий, упражнений, тестов для выполнения контрольных работ, домашних заданий, РГР и иных учебных работ. Комплект билетов для текущей и промежуточной	оценка «<i>отлично</i>» выставляется обучающемуся, если обучающийся демонстрирует сформированность дисциплинарной компетенции на высоком уровне, даны правильные ответы на теоретические вопросы, обучающийся показал отличные знания в рамках учебного материала: называет особенности условий эксплуатации технологического оборудования отрасли и связанные с ними нагрузки и воздействия; перечисляет требования к конструкции, устройству и материальному исполнению оборудования. Перечисляет основные характеристики геометрии оболочек вращения: ось, полюс, средин-

		умения, теоретические и практические навыки; определить уровень сформированных у студентов компетенций по дисциплине (модулю)	аттестации	ную поверхность, меридиан, кольцевое сечение. Называет виды напряженного состояния. Описывает причины и признаки деления сосудов и аппаратов на тонко- и толстостенные (вид напряженного состояния, условие тонкостенности и рабочее давление) Дает классификацию конструкционных материалов и называет пределы их применения. Перечисляет этапы проведения гидроиспытаний и условия, при которых проводится пневмоиспытание сосудов, работающих под давлением. Проводит расчет сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость от внутреннего давления и ветровых нагрузок по стандартным методикам, делает выводы о выполнении условий прочности и устойчивости элементов аппарата Определяет для рабочих условий и условий гидроиспытаний: расчетную температуру корпуса и опоры аппарата, расчетное давление. Определяет условное давление, группу и категорию аппарата, коэффициент прочности сварного шва. Анализирует заданный технологический процесс и исходные данные для последующего конструирования и проектирования сосуда. Пишет формулы меридиональных и тангенциальных напряжений в цилиндрических, сферических, эллиптических и конических оболочках. Пишет формулы определения исполнительной толщины стенки для цилиндрической обечайки и эллиптического днища. Составляет схему расчетных участков и расчетных сечений для расчета ветровых нагрузок. Выбирает размеры кубовой и сепарационной зоны по справочным таблицам; распределяет массообменные устройства, люки и штуцера, подбирает высоту опоры и размеры люков с учетом условий протекания технологического процесса. Выполняет расчет и подбор размеров эллиптического и полусферического днища. Выполняет эскиз сосуда с использованием средств автоматизированного проектирования. Выбирает материал для изготовления корпуса и опоры аппарата. Сумма баллов за итоги аудиторной работы и экзамен составляет от 91 до 100 . оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если обучающийся демонстрирует сформированность дисциплинарной компетенции на хорошем уровне, даны правильные ответы на теоретические вопросы, обучающийся показал хорошие знания в рамках учебного материала: называет особенности условий эксплуатации технологического оборудования отрасли и связанные с ними нагрузки и воздействия; перечисляет требования к конструкции, устройству и материальному исполнению оборудования. Перечисляет основные характе-
--	--	--	-------------------	---

				ристики геометрии оболочек вращения: ось, полюс, срединную поверхность, меридиан, кольцевое сечение. Называет виды напряженного состояния. Описывает причины и признаки деления сосудов и аппаратов на тонко- и толстостенные (вид напряженного состояния, условие тонкостенности и рабочее давление) Дает классификацию конструкционных материалов и называет пределы их применения. Перечисляет этапы проведения гидроиспытаний и условия, при которых проводится пневмоиспытание сосудов, работающих под давлением. Проводит расчет сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость от внутреннего давления и ветровых нагрузок по стандартным методикам, делает выводы о выполнении условий прочности и устойчивости элементов аппарата Определяет для рабочих условий и условий гидроиспытаний: расчетную температуру корпуса и опоры аппарата, расчетное давление. Определяет условное давление, группу и категорию аппарата, коэффициент прочности сварного шва. Анализирует заданный технологический процесс и исходные данные для последующего конструирования и проектирования сосуда. Пишет формулы меридиональных и тангенциальных напряжений в цилиндрических, сферических, эллиптических и конических оболочках. Пишет формулы определения исполнительной толщины стенки для цилиндрической обечайки и эллиптического днища. Составляет схему расчетных участков и расчетных сечений для расчета ветровых нагрузок. Выбирает размеры кубовой и сепарационной зоны по справочным таблицам; распределяет массообменные устройства, люки и штуцера, подбирает высоту опоры и размеры люков с учетом условий протекания технологического процесса. Выполняет расчет и подбор размеров эллиптического и полусферического днища. Выполняет эскиз сосуда с использованием средств автоматизированного проектирования. Выбирает материал для изготовления корпуса и опоры аппарата. Сумма баллов за итоги аудиторной работы и экзамен составляет от 77 до 90 . оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся демонстрирует сформированность дисциплинарной компетенции на среднем уровне, даны правильные ответы не на все теоретические вопросы, обучающийся показал не полные знания в рамках учебного материала. Сумма баллов за итоги аудиторной работы и экзамен составляет от 61 до 76 . оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся
--	--	--	--	--

				ся, если обучающийся демонстрирует сформированность дисциплинарной компетенции на уровне ниже базового, по изученным темам обучающийся не ответил ни на один вопрос. Сумма баллов за итоги аудиторной работы и экзамен составляет менее 60.
3	Разноуровневые задачи и задания	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работы выполнены в срок, в процессе выполнения расчетов обучающийся проявил умение работать с программами автоматизированного проектирования и специализированными программами прочностных расчетов, владение методикой определения расчета оборудования на прочность и устойчивость от эксплуатационных нагрузок; знание основных понятий: напряженное состояние, прочность, устойчивость, тонкостенные и толстостенные оболочки, безмоментная и моментная теория расчета; знание требований, предъявляемых к конструкции и материальному исполнению технологического оборудования; получены адекватные результаты расчетов, выполнен анализ результатов и представлены развернутые выводы по работе. Максимальный балл 35. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работы выполнены в срок, в процессе выполнения расчетов обучающийся проявил умение работать с программами автоматизированного проектирования и специализированными программами прочностных расчетов, владение методикой определения расчета оборудования на прочность и устойчивость от эксплуатационных нагрузок; знание основных понятий: напряженное состояние, прочность, устойчивость, тонкостенные и толстостенные оболочки, безмоментная и моментная теория расчета; знание требований, предъявляемых к конструкции и материальному исполнению технологического оборудования; получены адекватные результаты расчетов, выявлены трудности с анализом результатов и формулировкой выводов по работе. Максимальный балл 30. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работы выполнены с отставанием от установленного срока, в процессе выполнения расчетов обучающийся проявил низкий уровень умения работать с программами автоматизированного проектирования и специализированными программами прочностных расчетов, не достаточное владение методикой определения расчета оборудования на прочность и устойчивость от эксплуатационных нагрузок; выявлены затруднения в понимании основных понятий: напряженное состояние, прочность, устойчивость, тонкостенные и толстостенные оболочки, безмоментная и моментная теория расчета; знание требований, предъявляемых к конструкции и материальному исполнению технологического оборудования; выявлены трудности с анализом результатов и формулиров-

				кой выводов по работе. Максимальный балл 24. оценка « <i>неудовлетворительно</i> » выставляется обучающемуся, если работы не выполнены в срок. Обучающийся не проявил базового уровня навыков и умений при работе с программами автоматизированного проектирования и прочностных расчетов, отсутствуют знания основных понятий и владение методиками расчета оборудования на прочность и устойчивость. Получено менее 20 баллов.
4	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий.	оценка « <i>отлично</i> » выставляется обучающемуся, если Дан правильный ответ на 90 % заданий. Максимальный балл от 24 до 26. оценка « <i>хорошо</i> » выставляется обучающемуся, если Дан правильный ответ на 80 % заданий. Максимальный балл 23. оценка « <i>удовлетворительно</i> » выставляется обучающемуся, если Дан правильный ответ на 60 % заданий. Максимальный балл 20. оценка « <i>неудовлетворительно</i> » выставляется обучающемуся, если Дан правильный ответ на менее 60 % заданий. Максимальный балл менее 20.

Приложение В

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Письменный и устный опрос.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

7 семестр (9 семестр заочная форма)

1. Особенности работы машин и аппаратов при переработке нефти и нефтепродуктов.

Ответ: Условия работы машин и аппаратов при переработке нефти и нефтепродуктов определяются особенностями реализуемых технологических процессов:

- широкий диапазон рабочих давлений: от вакуума до 130 МПа;
- широкий диапазон рабочих температур: от минус 163 градусов до плюс 1000 градусов;
- рабочая среда внутри сосудов и аппаратов: горючие, легковоспламеняющиеся и/или токсичные жидкости и газы, характеризуются агрессивным воздействием;
- разнообразие климатических районов установки оборудования – от субтропиков до условий крайнего севера;
- различные места установки – в помещении или на открытой площадке.

Данные особенности обуславливают высокие требования к материальному и конструктивному исполнению сосудов, аппаратов и машин.

2. Классификация конструкционных материалов. Классификация черных металлов (примеры условных обозначений)

Ответ: Конструкционные материалы подразделяются на черные и цветные металлы, неметаллы, композитные материалы.

Черные металлы делятся на следующие группы:

- чугуны - серый , высокопрочный, ковкий, специальные чугуны;
- стали - углеродистые (обыкновенного качества СтЗсп, качественные сталь 20), легированные (повышенной прочности 09Г2С, теплоустойчивые 12ХМ, жаропрочные 15Х5М, жаростойкие 08Х13, коррозионностойкие 12Х18Н10Т; двухслойные (биметаллы) 09Г2С + 08Х13
- техническое железо.

3. Правила выбора конструкционных материалов, требования к материалам.

Ответ: К конструкционным материалам предъявляются следующие требования:

- 1) достаточная общая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивной среде;
- 2) достаточная механическая прочность при заданных давлении и температуре технологического процесса;
- 3) наилучшая способность материала свариваться;
- 4) низкая стоимость материала, недефицитность и освоенность его промышленностью;
- 5) качество, химический состав и механические свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и ТУ и быть подтверждены сертификатами заводов-поставщиков;
- 6) возможность простой утилизации при выработке сроков эксплуатации оборудования, узлов и деталей.

При выборе материалов для изготовления сосудов необходимо учитывать расчетное давление, температуру стенки (максимальную и минимальную), химический состав и характер среды, технологические свойства и коррозионную стойкость материалов, а также климатические условия райо-

на установки сосудов.

Материал для изготовления сварных сосудов и аппаратов подбирается из перечня, указанного в приложении к ГОСТ 34347-2017. Далее рассматривается возможность применения сталей по трем параметрам:

- коррозионная стойкость - при наличии агрессивных сред подбирается материал из группы коррозионностойких сталей или двухслойных сталей;
- давление - выполняется проверка пределов применения стали по рабочему давлению;
- температура - выполняется проверка пределов применения стали по максимальной и минимальной температуре стенки, с учетом температуры окружающей среды.

4. Причины и признаки деления аппаратов на тонко- и толстостенные. Общие сведения о пластинах и оболочках. Геометрия оболочек вращения.

5. Тонкостенные сосуды и аппараты. Ряды диаметров сосудов и аппаратов. Понятие базового диаметра.

6. Тонкостенные сосуды и аппараты. Основные элементы конструкции и требования к ним. Особенности устройства колонных аппаратов

7. Порядок расчета на прочность сосудов и аппаратов, нагруженных внутренним избыточным давлением.

8. Основные расчетные параметры. Допускаемые напряжения, группа и категория аппаратов, коэффициент прочности сварного шва. Давление рабочее, расчетное, пробное, условное. Температура рабочая, расчетная.

9. Допускаемые напряжения в рабочих условиях и при испытании. Нормативные значения коэффициента запаса прочности для различных расчетных условий.

10. Коэффициент прочности сварного шва (определение, от чего зависит и как определяется), группа и категория аппаратов.

11. Безмоментная теория расчета тонкостенных оболочек. Уравнение Лапласа и уравнение зоны.

12. Напряжения, действующие в оболочках разной формы: цилиндрических, конических, сферических, эллиптических (показать формулы определения напряжений).

13. Расчетное значение толщины стенки (уметь определить для различных форм: цилиндрическая обечайка, эллиптическое днище, сферическая обечайка),

14. Сумма прибавок к расчетной толщине стенки. Выбор исполнительной толщины стенки

15. Проверка условия прочности. Понятие и формула допускаемого давления;

16. Конструирование и изготовление днищ.

17. Понятие устойчивости. Причины потери устойчивости тонкостенных оболочек. Основные нагрузки, приводящие к потере устойчивости. Условие устойчивости при сложном нагружении (внешнее давление, осевая сжимающая сила, изгибающий момент, написать формулу).

18. Устойчивость оболочек, нагруженных осевой сжимающей силой. Общая и местная потеря устойчивости. Потеря устойчивости

19. Устойчивость оболочек, нагруженных наружным давлением. Особенности потери устойчивости длинных и коротких оболочек.

20. Область применения, цель и задачи расчета на прочность от ветровых нагрузок аппаратов колонного типа. Порядок расчета на прочность от ветровых нагрузок аппаратов колонного типа.

21. Расчетные условия (состояния) при расчете колонного аппарата на ветровые нагрузки (привести все параметры, объяснить, почему расчет производится для разных условий).

22. Порядок составления расчетной схемы для расчета аппарата на ветровую нагрузку. Расчетные сечения в опоре колонного аппарата. Определение веса расчетного участка для разных условий.

23. Определение ветровой нагрузки (привести формулу, объяснить физический смысл и указать название величин, входящих в формулу).

24. Определение изгибающего момента от ветровой нагрузки в расчетном сечении (привести формулу, объяснить ее смысл и указать название величин, входящих в формулу).

25. Проверка прочности корпуса колонного аппарата при расчете на ветровую нагрузку

26. Задачи тепловой изоляции.
27. Состав тепловой изоляции.
28. Расчетная температура окружающей среды при расчете изоляции.
29. Требования к тепловой изоляции.
30. Понятие номинального давления. Выбор номинального давления, ряд номинальных давлений.
31. Состав штуцера и выбор его параметров (элементы, диаметр, высота, тип)
32. Назначение фланцев: различие трубопроводных и аппаратных. Выбор уплотнительной поверхности фланцев
33. Состав люка. Элементы конструкции. Отличия люка от штуцера.
34. Способы укрепления отверстий
35. Формула расчетного диаметра отверстий, не требующих дополнительного укрепления
36. Формула замещения площадей, для расчета укрепления отверстия. Соотношение площадей обечайки, штуцера, кольца и вырезанного отверстия
37. Понятие одиночного отверстия и особенности укрепления взаимовлияющих отверстий
38. Требования к конструкции укрепляющих колец. Выбор размеров укрепляющих колец
39. Обоснование возможности применения разнотипных фланцев в пару.
40. Понятие угла поворота фланцев
41. Понятие приведенного давления для фланцев
42. Значение минимального номинального давления фланцев применяемых для штуцеров аппаратов
43. Типы (исполнения) уплотнительных поверхностей
44. Выбор исполнений уплотнительных поверхностей в зависимости от условий
45. Особенности плоских и приварных встык фланцев и ограничения их применения.

8 семестр (10 семестр заочная форма)

1. Моментная теория расчета оболочек. Краевая задача. Причины и условия появления краевых нагрузок.

Ответ: Моментная теория расчета оболочек на прочность учитывает возникновение изгибающих моментов, распределенных по краям оболочек, нагруженных внутренним давлением, при их жестком соединении между собой.

В реальных конструкциях, есть области жесткого соединения элементов различной геометрии, которые называются узлами сопряжения. При действии внутреннего давления в окрестности сварных швов, соединяющих оболочки, возникают краевые нагрузки - краевая сила, краевой момент, распорная сила, которые приводят к локальному повышению напряжений в данных областях, что называют краевым эффектом. Так называемая "краевая задача" заключается в определении величины краевых нагрузок, возникающих от них внутренних силовых факторов и напряжений, для последующей проверки прочности на краю и по длине зоны действия краевого эффекта.

Причинами появления краевых нагрузок являются: различие деформаций оболочек с разной геометрией и невозможность их деформироваться отдельно друг от друга. Условия появления краевых нагрузок: заделка края оболочки, изменение геометрических размеров или формы оболочки при переходе от одного сечения к другому, изменение физико-механических свойств материала, изменение нагрузки или технологических параметров.

2. Сосуды и аппараты высокого давления. Причины и признаки деления сосудов на тонко- и толстостенные. Коэффициент толстостенности.

Ответ: Сосудами высокого давления (толстостенными сосудами) называются сосуды работающие под давлением свыше 10 МПа и до 130 МПа, толщина стенки которых составляет более 10 % от диаметра.

Причинами деления сосудов на тонко- и толстостенные являются:

- различие напряженного состояния материала оболочек - плоское для тонкостенных и объемное - для толстостенных;
- характер распределения тангенциальных напряжений по толщине стенки: равномерное распределение для тонкостенных и постепенное увеличение от внутренней поверхности к внешней для толстостенных.

Признаками деления сосудов на тонко- и толстостенные являются:

- соотношение толщины стенки к диаметру (более 0,1 для толстостенных) или соотношение наружного и внутреннего диаметров, называемое коэффициентом толстостенности (более 1,2 для толстостенных сосудов).
- величина рабочего давления (менее 10 МПа для тонкостенных сосудов, от 10 до 130 МПа - для толстостенных)

Коэффициент толстостенности определяется как отношение наружного диаметра оболочки к внутреннему.

3. Вращающиеся элементы оборудования. Понятие критической скорости вращения вала. Формула частоты собственных колебаний вала с одной сосредоточенной массой.

Ответ: к вращающимся элементам оборудования относятся валы, центрифуги, фильтры. В процессе работы из-за несбалансированности массы вала и размещенного на нем рабочего колеса или мешалки возникают поперечные колебания вала. Колебания характеризуются частотой, которая в зависимости от вида колебаний может быть частотой собственных колебаний (свободных) или рабочей частотой (частотой вынужденных колебаний).

При работе вала мы сообщаем ему частоту вынужденных колебаний, которая становится критической при совпадении с частотой собственных колебаний вала, которая зависит от его геометрии, параметров материала, расположения опор, массы рабочего колеса. При совпадении рабочей частоты и частоты собственных колебаний происходит резонанс - резкое увеличение амплитуды колебаний - прогибов вала, что может привести к его разрушению. Поэтому важно не допустить работы вала на критической частоте. Для этого определяют частоту собственных колебаний вала (ω_0) и сравнивают с ней рабочую частоту ($\omega_{\text{раб}}$) $\omega_0 = \omega_{\text{кр}} = (g/y_{\text{ст}})^{0.5}$.

4. Порядок расчета тонкостенных оболочек по моментной теории. Определение напряжений от суммарного воздействия внутреннего давления и краевых нагрузок. Проверка прочности.
5. Порядок определения краевых нагрузок. Зона действия краевых нагрузок.
6. Конструкция сосудов высокого давления. Основные элементы и требования к ним.
7. Формула определения толщины стенки однослойной цилиндрической обечайки. Ограничения данной формулы.
8. Напряженное состояние в стенке цилиндрической обечайки высокого давления (какие возникают главные напряжения, как распределяются эпюры, связь меридиональных напряжений с радиальными и тангенциальными).
9. Методы повышения несущей способности сосудов высокого давления.
10. Расчетная схема при расчете оболочек по моментной теории. Уравнение совместности деформаций.
11. Условие виброустойчивости вала с одной сосредоточенной массой. Явление самоцентрирования вала. Понятие жесткого и гибкого вала.
12. Расчет на прочность вращающихся оболочек. Нагрузки, расчетные формулы, проверка допускаемого параметра.
13. Порядок расчета на прочность аппаратов с рубашками.
14. Выбор типа опор для аппаратов (назначение и минимальное количество). Седловые, стойки, лапы, цилиндрические опоры. От чего зависит выбор. Какими нагрузками определяется.

Примеры экзаменационных билетов приведены в приложении.

Разноуровневые задачи и задания.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

Комплекс разноуровневых задач и заданий посвящен изучению алгоритма и методики конструирования и расчета сварных сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость.

Задание №1 Расчет горизонтальной емкости на прочность

Цель: Освоение основных базовых навыков по прочностным расчетам сосудов и аппаратов.

Задачи познакомиться с основными принципами:

- расчета толщины стенки,
- выполнения проверочных расчетов на прочность;
- расчета пробного давления;
- размещения седловых опор для горизонтального аппарата;
- работы в программе ПАССАТ.

Методика выполнения:

- 1) По исходным данным подобрать размеры емкости
- 2) Определить предварительно прочностные свойства конструкционных материалов
- 3) Определить толщину стенки и пробное давление
- 4) Выполнить моделирование емкости в программе пассат
- 5) Выполнить анализ отчета пассат
- 6) Изменяя расстановку опор проанализировать как изменяются нагрузки на аппарат
- 7) Добавить дефекты на корпус (смещение сварных швов, овальность) и посмотреть насколько возрастают возникающие напряжения.
- 8) сделать вывод

УМП. Расчет на прочность емкостного оборудования : учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине "Основы конструирования и расчета оборудования отрасли" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост. Е. Ю. Туманова. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 702 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova10.pdf. - Текст : электронный.

Задание №2 Расчет колонны под внутренним избыточным давлением на прочность и устойчивость

Цель: Освоение навыков расчета аппаратов с учетом ветровой нагрузки

Задачи: освоить методы

- проверки прочности аппаратов при воздействии ветровой нагрузки
- моделирования площадок обслуживания
- методы проектирования цилиндрической опоры для колонных аппаратов
- укрепления отверстий под штуцера
- расчета тепловой изоляции сосудов и аппаратов

Методика выполнения:

- 1) по исходным данным выполнить эскиз колонного аппарата
- 2) определить предварительную толщину стенки корпуса и пробное давление
- 3) выполнить моделирование колонны в программе ПАССАТ с включением расчета на ветровую нагрузку
- 4) выполнить анализ отчета программы ПАССАТ по заданным параметрам. В отчете анализа отразить основные этапы проверки прочности аппарата
- 5) сделать вывод

УМП. Моделирование аппарата колонного типа в программном комплексе ПАССАТ : учеб. пособие / Р. Б. Тукаева [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. - 119 с. - Текст : непосредственный.

Задание №3 Расчет колонны из биметалла под наружным давлением на прочность и устойчивость

Цель: Освоение навыков расчета аппаратов под наружным давлением

Задачи: освоить методы

- проверки прочности и устойчивости аппаратов под наружным давлением
- моделирования колец жесткости
- методов учета двухслойных сталей

Методика выполнения:

- 1) по исходным данным выполнить эскиз колонного аппарата
- 2) выполнить моделирование колонны в программе ПАССАТ с включением расчета на ветровую нагрузку
- 3) выполнить анализ отчета программы ПАССАТ по заданным параметрам. В отчете анализа отразить основные этапы проверки прочности аппарата
- 4) сделать вывод

УМП. Моделирование аппарата колонного типа в программном комплексе ПАССАТ : учеб. пособие / Р. Б. Тукаева [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. - 119 с. - Текст : непосредственный.

Задание №4 Расчет на прочность вертикального сосуда типа ВПС

Цель: Освоение особенностей расчета сосудов и аппаратов с учетом краевых нагрузок

Задачи:

- выполнить моделирование вертикального сосуда с "неблагоприятными" конструктивными элементами с точки зрения возникающих нагрузок в зоне заделки краев оболочек
- смоделировать вертикальный сосуд со сферическим и плоским днищами
- освоить методы повышения несущей способности краевой зоны сосудов и аппаратов

Методика выполнения:

- 1) по заданному номинальному объему выполнить эскиз емкости типа ВПС
- 2) выполнить моделирование аппарата в программе ПАССАТ без учета каких-либо элементов повышающих несущую способность краевой зоны сопряжения обечаек
- 3) выполнить моделирование емкости типа ВПС с применением конструктивных элементов повышения несущей способности краевой зоны
- 3) сделать анализ эффективности примененных конструкторских мероприятий, направленных на оптимизацию конструкции. Анализ эффективности провести по снижению толщины стенки элементов и по снижению массы аппарата.

УМП. Расчет на прочность емкостного оборудования : учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине "Основы конструирования и расчета оборудования отрасли" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост. Е. Ю. Туманова. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 702 Кб. - URL:

http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova10.pdf. - Текст : электронный.

Моделирование аппарата колонного типа в программном комплексе ПАССАТ : учеб. пособие / Р. Б. Тукаева [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. - 119 с. - Текст : непосредственный.

Задание №5 Расчет толщины стенки сосуда высокого давления

Цель: освоить методику расчет трехосного напряженного состояния

Задачи:

- освоить принципы расчета сосудов высокого давления;
- узнать о причинах необходимости учета третьего (радиального) напряжения в стенке

Методика расчета:

- 1) выполнить эскиз сосуда высокого давления по заданным исходным данным
- 2) выполнить расчет толщины стенки
- 3) выполнить моделирование СВД в программе ПАССАТ
- 4) сделать отчет о проделанной работе

УП. Поникаров, И. И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) : учебное пособие / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 716 с. — ISBN 978-5-8114-4753-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126151> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Задание №6 Определение диаметра вала с учетом условия виброустойчивости для жесткого и гибкого вала

Цель: Применение условия виброустойчивости для оптимального проектирования вала.

Задачи:

- закрепить знания об условиях виброустойчивости вала и параметрах, влияющих на критическую частоту вращения вала.
- для двух аппаратов, имеющих по одному стальному жесткому виброустойчивому валу, определите и сопоставьте диаметры валов, если на каждом имеется по одной сосредоточенной массе в виде мешалки. Валы отличаются только расчетной схемой. Собственную массу валов при расчете их диаметров условно не учитывать.

Методика выполнения:

- 1) дать ответы на теоретические вопросы;
- 2) записать исходные данные для жесткого консольного и однопролетного вала, для гибкого консольного и однопролетного вала;
- 3) записать условие виброустойчивости для соответствующего вала,
- 4) записать формулу момента инерции сечения вала и подставить в формулу коэффициента влияния;
- 5) записать формулу критической частоты для соответствующего вала, заменить коэффициент влияния развернутой формулой;
- 6) подставив, полученную развернутую формулу критической частоты в условие виброустойчивости и выразить диаметр для соответствующего вала;
- 7) определить диаметр и сравнить полученные значения для различных расчетных схем, для жесткого и гибкого вала;
- 8) сделать выводы о влиянии расположения опор и характера работы вала на величину диаметра.

УМП. Виброустойчивость валов : учебно-методическое пособие к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе обучающихся / УГНТУ, Салават. фил., каф. ОПНН ; сост. М. В. Клыков. - Уфа : УГНТУ, 2018. - 1,04 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Salawat/Klykov20.pdf. - Текст : электронный.

Задание №7 Расчет на прочность сосуда с рубашкой

Цель: Освоение принципов моделирования аппаратов с рубашками

Задачи:

- закрепить знания о стандартных диаметрах сосудов и аппаратов
- узнать принцип моделирования направляющей спирали и ее назначение в пространстве рубашки
- освоить принципы моделирования опорных лап;
- закрепить навык подбора оптимальных толщин всех элементов аппарата

Методика выполнения:

- 1) выполнить моделирование в программе ПАССАТ аппарата с рубашкой без использования спирали в пространстве рубашки
- 2) выполнить моделирование в программе ПАССАТ аппарата с рубашкой с использованием спирали в пространстве с рубашкой
- 3) сделать анализ влияния спирали на прочность конструкции (направляющая спираль с пространстве рубашки выполняет роль колец жесткости)

УП. Поникаров, И. И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) : учебное пособие / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 716 с. — ISBN 978-5-8114-4753-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126151> (дата обращения: 24.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Моделирование аппарата колонного типа в программном комплексе ПАССАТ : учеб. пособие / Р. Б. Тукаева [и др.] ; УГНТУ. - Уфа : Изд-во УГНТУ, 2017. - 119 с. - Текст : непосредственный.

Тест.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

Тестовые задания включают в себя вопросы по темам разделов курса.

Пример тестового задания. Правильные ответы первые в списке. Банк тестовых заданий приведен в приложении.

Раздел 1. Принципы конструирования и методы расчета тонкостенных сосудов и аппаратов

Задание 1: В каком случае целесообразно применять полусферические днища?

Ответы:

- в крупногабаритных аппаратах, подведомственных Ростехнадзору, диаметром более 4 м
- в царговых колонных аппаратах
- в аппаратах, подведомственных Ростехнадзору, диаметром менее 4 м
- в аппаратах диаметром от 1800 до 3600 мм

Задание 2: Какой тип корпуса должен иметь тонкостенный колонный аппарат с внутренним диаметром 2000 мм, работающий под внутренним давлением 2 МПа?

Ответы:

- цельносварной
- царговый
- литой

- витой

Задание 3: В чем основная причина потери устойчивости тонкостенных оболочек, согласно мнению большинства ученых на сегодняшний день?

Ответы:

- возникновение напряжений сжатия
- возникновение напряжений растяжения
- концентрация напряжений на краю оболочки
- действие криогенных температур

Задание 4: Определите допускаемое напряжение для условий гидроиспытания для аппаратов, изготовленных из листового стального проката (предел текучести при температуре 20 °С равен 250 МПа, а при расчетной температуре – 210 МПа). Результат округлите до целого значения и выразите в МПа.

Ответы:

- 227 МПа
- 250 МПа
- 150 МПа
- 280 МПа

Задание 5: Определите расчетное давление для рабочих условий P_t рас в аппарате диаметром $D=1200$ мм, если среда кубовой части - жидкость плотностью $\rho=700$ кг/м³, рабочее давление $P_{\text{раб}}=1,3$ МПа, высота кубовой части $h_{\text{куб}} = 2500$ мм (принять $g=10$ м/с²)? Полученный результат округлите до сотых, отделив целую часть запятой.

Ответы:

- 1,32 МПа
- 2 МПа
- 1,4 МПа
- 1,38 МПа

Задание 6: Какие значения может принимать коэффициент прочности сварного шва ??

Ответы:

- от 0,6 до 1
- от 0,5 до 1
- всегда равен 1
- от 0,7 до 1,5

Раздел 2 Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования

Задание 1: Чему равна толщина стенки для однослойного сосуда высокого давления при $[\sigma] = 680$ МПа, $P= 320$ МПа, $a= 0,55$ м? Ответ в метрах округлите до десятых.

Ответы:

- 1,7 м
- 0,88 м
- 1,04 м
- 1,52 м

Задание 2: С чем связаны причины возникновения локальных повышенных напряжений в узлах сопряжения опор и элементов корпуса сосудов и аппаратов?

Ответы:

- с явлением краевого эффекта
- с действием внутреннего избыточного давления

- с действием наружного давления.
- с поперечными колебаниями системы.

Задание 3: Какие элементы и узлы подлежат проверке на прочность в местах крепления опорных узлов?

Ответы:

- элементы корпуса и сварные швы приварки опорных узлов к корпусу
- ребра жесткости опорных элементов и сварные швы приварки опорных узлов к корпусу
- анкерные болты
- подкладные листы

Задание 4: Чему равны тангенциальные напряжения на внутреннем радиусе цилиндрической обечайки корпуса однослойного сосуда высокого давления, работающего под внутренним давлением $P = 30$ МПа, если тангенциальные напряжения на внешнем радиусе равны 50 МПа

Ответы:

- 80 МПа
- 21 МПа
- 0 МПа
- 40 МПа

Задание 5: Чему равна критическая скорость вращения вала с одним грузом, если статический прогиб под этим грузом равен 0,0049 м (принять $g = 10$ м/с²)?

Ответы:

- 45,2 с⁻¹
- 301 об/мин
- 559 об/мин
- 62,8 с⁻¹

Задание 6: Как называются формулы (1) и (2)?

(1) $\gamma_{раб} < 0,7\gamma_{кр}$

(2) $\gamma_{раб} > 1,3\gamma_{кр}$

Ответы:

- условия виброустойчивости: (1) - для жестких валов с одним грузом, (2) - для гибких валов с одним грузом.
- условия, при которых прогибы валов минимальны.
- условия прочности (1) и жесткости (2) валов.
- условия виброустойчивости: (1) - для жестких валов с n грузами, (2) - для гибких валов с игрой.

Лабораторная работа.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

Перечень лабораторных работ за 7 семестр

Лабораторная работа № 1 (7 семестр)

Проведение гидравлических испытаний сосуда.

В ходе работы рассматривается методика и условия проведения гидравлических и пневматических испытаний сосудов и аппаратов на прочность и герметичность. По результатам работы обучающийся должен уметь: определять пробное давление гидравлического и пневматического испытания, определять продолжительность испытания; знать и называть признаки успешного испытания

сосуда на прочность и плотность.

Цель работы: Ознакомление с процессом проведения гидравлических испытаний.

Задачи работы:

1. Изучить особенности проведения гидравлических и пневматических испытаний
2. Научиться определять пробное давление
3. Освоить порядок проведения гидравлических испытаний
4. Освоить правила завершения гидравлических испытаний и выявлять признаки успешного прохождения гидравлических испытаний аппаратами

Контрольные вопросы

1. Цель проведения гидравлических (пневматических) испытаний.
2. Когда проводятся гидравлические (пневматические) испытания?
3. Как проводят испытания сосудов, имеющих защитное покрытие, изоляцию или наружный кожух?
4. В каком положении (вертикальном или горизонтальном) необходимо проводить гидравлические (пневматические) испытания сосудов и аппаратов?
5. Какие жидкости используются для проведения гидравлических испытаний?
6. Какие газы используют для проведения пневматических испытаний?
7. При каких температурах проводят испытания, от чего они зависят?
8. Как называется давление, при котором проводятся гидравлические (пневматические) испытания?
9. Как определяется давление испытаний?
10. Каков порядок проведения гидравлических испытаний?
11. Какие особенности проведения пневматических испытаний?
12. По каким признакам определяются результаты гидравлических (пневматических) испытаний?
13. От чего зависит время выдержки сосуда (аппарата) под давлением испытания?
14. Имеет ли значение скорость подъема давления при проведении гидравлических испытаний?
15. Чем контролируется давление в сосуде или аппарате при проведении гидравлических испытаний?
16. Что запрещается выполнять при нагружении сосуда или аппарата давлением испытания?
17. В какой момент необходимо провести осмотр оборудования и сделать заключение о результатах испытания?
18. Перечислите признаки успешного прохождения гидравлического испытания сосудом или аппаратом.
19. Чем определяется периодичность проведения наружного и внутреннего осмотров сосудов и аппаратов и проведения гидравлических испытаний?

УМП Гидравлические (пневматические) испытания сосудов и аппаратов : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 720 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova11.pdf . - Текст : электронный.

Лабораторная работа № 2 (7 семестр)

Устойчивость цилиндрических обечаек под воздействием осевой сжимающей силы.

В ходе работы выполняется экспериментальное исследование процесса потери устойчивости тонких оболочек под действием осевой сжимающей силы. По результатам работы обучающийся должен уметь: определять критическое и допускаемое значение осевой сжимающей силы; знать и называть формы и признаки потери устойчивости коротких и длинных оболочек от действия осевой сжимающей силы.

Цель работы: Закрепление теоретических знаний по теории устойчивости оболочек. Экспериментальное определение критической осевой сжимающей нагрузки.

Задачи работы:

1. Определить критическую осевую сжимающую нагрузку экспериментально
2. Рассчитать критическую осевую сжимающую нагрузку аналитически
3. Выполнить верификацию данных

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое устойчивость, чем отличается устойчивость положения от устойчивости формы?
- 2) Что такое потеря устойчивости?
- 3) Как быстро происходит потеря устойчивости и нарастание прогибов и деформаций?
- 4) Какие напряжения являются причинами потери устойчивости?
- 5) Как называются напряжения и нагрузки при которых наступает потеря устойчивости?
- 6) Может ли система самостоятельно восстановить устойчивость после снятия нагрузки?
- 7) Какие виды нагрузок могут привести к потере устойчивости?
- 8) Является ли вес продукта в корпусе вертикального аппарата осевой сжимающей силой для стенок корпуса, для стенок опоры?
- 9) Каким нормативным документом описаны формулы расчета допускаемых нагрузок по условию устойчивости?
- 10) Чему равен коэффициент запаса устойчивости и каким нормативным документом он определен?
- 11) По какому признаку оболочки делят на длинные и короткие при воздействии осевой сжимающей силы?
- 12) Назовите виды и формы потери устойчивости, от чего они зависят.

УМП. Устойчивость цилиндрических оболочек под воздействием осевой сжимающей силы : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 576 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova12.pdf . - Текст : электронный.

Лабораторная работа № 3 (7 семестр)

Устойчивость цилиндрических обечаек под воздействием наружным давлением.

В ходе работы выполняется экспериментальное исследование процесса потери устойчивости тонких оболочек под действием наружного давления. По результатам работы обучающийся должен уметь: определять критическое и допускаемое значение наружного давления; знать и называть признаки потери устойчивости коротких и длинных оболочек от действия наружного давления, способы укрепления оболочек нагруженных наружным давлением.

Цель работы: Закрепление теоретических знаний по теории устойчивости оболочек. Экспериментальное определение критического значения наружного давления.

Задачи работы:

1. Определить критическое значение наружного давления экспериментально
2. Рассчитать критическое значение наружного давления аналитически
3. Выполнить верификацию данных

Контрольные вопросы:

- 1) Какие нагрузки являются причинами потери устойчивости?
- 2) Почему наружное давление является более опасным для оболочек?
- 3) Как величина допускаемой нагрузки связана с критической нагрузкой?

- 4) Что показывает коэффициент запаса?
- 5) От чего зависит коэффициент B_1 в расчетных формулах определения допустимого наружного давления?
- 6) Какое давление показывает вакуумметр: остаточное или разность между атмосферным и остаточным?
- 7) В каких случаях может возникнуть наружное давление на стенку сосуда?
- 8) Каким способом повышают устойчивость промышленных аппаратов при воздействии на стенку их корпуса наружного давления?

УМП. Устойчивость цилиндрических оболочек под воздействием наружного давления : учебно-методическое пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине "Основы конструирования и расчета технологического оборудования" / УГНТУ, каф. ТМО ; сост.: Е. Ю. Туманова [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2019. - 828 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Tumanova13.pdf . - Текст : электронный.

Лабораторные работы № 4, 5 (8 семестр).

Определение критической скорости вала с сосредоточенной массой для однопролетного вала и для консольного вала.

Лабораторная работа посвящена изучению природы поперечных колебаний валов, демонстрации резонансной работы вала с одной сосредоточенной массой при различном положении опор (однопролетный вал, консольный вал). В ходе выполнения работы определяется критическая частота вращения вала и диапазоны его безопасной работы с учетом условия виброустойчивости при однопролетной и консольной расчетной схеме.

Цель работ: Определение допустимого диапазона работы вала с сосредоточенной массой с учетом условия виброустойчивости.

Задачи работ:

- 1) Выполнить нагружение вращением различных схем вала. Различные схемы создаются перемещением опор и грузов, а также изменением массы грузов. Выполнить наблюдение за поведением вала в диапазоне скоростей близких к критическим.
- 2) Выполнить расчет критической скорости аналитически и определить диапазон вибронестойчивой работы вала
- 3) Провести верификацию данных

Контрольные вопросы:

- 1) В чем причина возникновения вибраций во время работы вала?
- 2) Как определяется значение критической скорости вала с сосредоточенной нагрузкой?
- 3) Что происходит с валом во время работы в зоне критических скоростей?
- 4) Как записывается условие виброустойчивости вала?
- 5) Чем отличается работа однопролетного вала и консольного вала?
- 6) Что такое коэффициент влияния?
- 7) Что такое коэффициент жесткости?
- 8) Как влияют конструктивные размеры на величину критической скорости вала? (расстояния между опорами, расстояния до груза, диаметр вала, размер груза)
- 9) Как влияет конструкционный материал вала и груза на значение критической скорости вала?
- 10) Что такое эффект самоцентрирования и когда он проявляется?

УМП. Виброустойчивость валов: учебно-методическое пособие к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе обучающихся / УГНТУ, Салават, фил., каф. ОПНН ; сост. М. В. Клыков. - Уфа : УГНТУ, 2018. - 1,04 Мб. - URL: http://bibLru5oiLnet/ba5e_docs/UGNTU/SalawaVKlykov20.pdf. - Текст : электронный.

Аннотация к рабочей программе дисциплины

(12624) Основы конструирования и расчета технологического оборудования

Направление подготовки (специальность): 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: профиль «Оборудование нефтегазовой отрасли»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная; заочная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Технологические машины и оборудование (ТМО);

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил:

-5.1 Применяет нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, для решения поставленных задач

ОПК-13 Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования:

-13.1 Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования

-13.2 Применяет стандарты, нормы и правила в профессиональной деятельности

Результат обучения

Знать:

ОПК-5-4 основные виды рабочей проектной и технической документации; принципы заполнения технической характеристики и технических требований, указываемых на чертеже; основные нормативные документы, регламентирующие конструкцию технологического оборудования.

ОПК-13-3 принципы конструирования аппаратов, выбора стандартных элементов конструкции; как выбирают основные размеры деталей (диаметр, длина и толщина обечайки); основные виды нагрузок действующих на сосуды и аппараты; нормы и методы расчета на прочность и устойчивость.

Уметь:

ОПК-5-4 оформлять проектно-конструкторскую документацию, выполнять чертежи и пояснительную записку; пользоваться базой нормативных документов и пользоваться стандартами.

ОПК-13-3 выбирать конструкционные материалы для проектируемого оборудования; технические характеристики конструкционных материалов; выбирать толщины основного и плакирующего слоя для двухслойного листового проката; выполнять расчет на прочность и устойчивость; определять действующие нагрузки; рассчитывать толщину стенки оболочки, проверять прочность оболочки по допускаемому давлению; выбирать стандартные элементы конструкции (днища, штуцера, фланцы, опоры); определять критическую частоту вращающихся элементов (валов, оболочек).

Владеть:

ОПК-5-4 навыками работы с технической документацией, нормативными документами, техническими условиями и другими стандартами; выполнять рабочие чертежи технологических аппаратов.

ОПК-13-3 навыками проектирования и расчета на прочность и устойчивость технологи-

ческого оборудования с использованием специализированного программного комплекса "ПАССАТ"

Краткая характеристика дисциплины

Принципы конструирования и методы расчета на прочность и устойчивость тонкостенных сосудов и аппаратов; Особенности конструирования и расчета толстостенных сосудов и аппаратов, вращающихся элементов технологического оборудования ;

Трудоёмкость (з.е. / часы)

7 з.е. (252 час)

Вид промежуточной аттестации

экзамен;

Разработчик(и):

_____ доцент каф. ТМО, к.т.н. Ковшова Юлия Сергеевна

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой ТМО _____ И.Р. Кузеев