

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 10 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Конструирование и расчет машин и аппаратов отрасли
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
(код и наименование направления)

Направленность: Оборудование нефтегазопереработки (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – приобретение знаний по теоретическим основам, устройству и принципу действия (работы) машин и аппаратов нефтегазопереработки, умений производить расчеты на прочность и устойчивость с выбором оптимальной конструкции с точки зрения обеспечения прочности, формирования навыков обслуживания указанного оборудования.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов действия, устройства, конструктивного исполнения и правил эксплуатации машин и аппаратов нефтегазопереработки;
- формирование умения выполнять расчеты прочности и устойчивости оборудования и выбора его рациональной конструкции;
- формирование навыков расчета и выбора машин аппаратов, наиболее полно удовлетворяющих потребностям технологических процессов нефтегазопереработки с учетом высоких температур, давлений, коррозионной активности рабочих сред.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основы безмоментной и моментной теории оболочек, теории пластин;
- научно-обоснованные методы конструктивного и поверочного расчетов элементов оборудования отрасли;
- конструкции основных и вспомогательных аппаратов нефтегазопереработки: теплообменников, колонных аппаратов, аппаратов высокого давления, различных видов оболочек вращения с перемешивающими устройствами, коробчатых аппаратов;
- конструкции машин нефтегазопереработки.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Знает технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования, осуществлять анализ причин отказов оборудования, разрабатывать мероприятия повышения надежности оборудования; проводить анализ нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Индивидуальное задание
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками контроля технического состояния оборудования	Владеет навыками контроля технического состояния оборудования; обеспечения соблюдения правил, инструкций и технических условий при эксплуатации технологического оборудования	Защита лабораторной работы
ПК-3.3	ИД-1 ПК-3.3	Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний	Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок;	Экзамен
ПК-3.3	ИД-2 ПК-3.3	Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;	Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;	Курсовая работа
ПК-3.3	ИД-3 ПК-3.3	Владеет навыками разработки чертёжной документации; работы с графическими редакторами; работы в интегрированных информационных системах; проведения экспериментальных работ; обработки	Владеет навыками разработки чертёжной документации; работы с графическими редакторами; работы в интегрированных информационных системах; проведения экспериментальных работ; обработки результатов	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		результатов экспериментов.	экспериментов.	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	22	22	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	28	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Общие принципы и методология конструирования машин и аппаратов отрасли	1	0	0	5
Тема 1. Надёжность и долговечность химического оборудования Квалиметрия. Показатели качества. Номенклатура выпускаемого химического оборудования. Тема 2. Основные факторы, влияющие на конструкцию машин и аппаратов, их типовые конструктивные элементы. Основные принципы и методы конструирования машин и аппаратов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Расчет и конструирование тонкостенных сосудов	10	12	10	25
<p>Тема 3. Основные положения и определения. Некоторые сведения из геометрии оболочек вращения. Выбор конструкционного материала. Рабочая и расчетная температуры. Рабочее, расчетное, условное и пробное давления. Допускаемое напряжение с учетом свойств материалов и обрабатываемых сред. Коэффициенты запаса прочности. Коэффициенты прочности сварных соединений. Прибавки к расчетным толщинам.</p> <p>Тема 4. Расчет элементов аппаратов, нагруженных внутренним давлением. Напряженное состояние материала упругих осесимметричных оболочек. Безмоментная теория расчета оболочек. Уравнение Лапласа, уравнение равновесия зоны. Вывод уравнений для расчета толщины стенки цилиндрических, конических и сферических оболочек. Расчет эллиптических, плоских днищ и крышек.</p> <p>Тема 5. Сопряжение оболочек и укрепление отверстий. Основные положения моментной теории расчета тонкостенных оболочек. Причина появления краевых нагрузок. Определение краевых сил и моментов. Порядок решения краевой задачи. Укрепление отверстий в оболочках. Расчетные схемы и конструкции укрепления отверстий. Основные положения ГОСТ 24755-89. "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий". Порядок расчета на прочность укрепления отверстия.</p> <p>Тема 6. Устойчивость элементов аппаратов. Особенности расчета тонкостенных оболочек, находящихся под действием наружного давления. Понятие об устойчивости оболочек вращения. Расчет длинных и коротких цилиндрических оболочек. Устойчивость сферических, эллиптических и конических днищ.</p>				
Расчет и конструирование плотно-прочных разъёмных соединений	3	0	6	18
<p>Тема 7. Конструкции плотно-прочных разъёмных соединений и области их применения. Фланцевые соединения. Конструкции фланцев. Основные положения ОСТ 26-373-78. "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность фланцевых соединений".</p> <p>Тема 8. Прокладки, их виды. Плоские прокладки. Допускаемое напряжение для</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
болтов, для цельных и свободных фланцев. Анализ существующих методов расчета фланцевых соединений. Порядок расчета фланцевого соединения.				
Расчет и конструирование аппаратов высокого давления	4	0	4	20
Тема 9. Нормативные параметры Особенности конструкции и эксплуатации аппаратов высокого давления. Допускаемые напряжения. Основные конструкционные материалы, используемые для изготовления аппаратов высокого давления. Тема 10. Расчет элементов корпуса аппарата высокого давления Напряженное состояние толстостенных оболочек. Определение кольцевых, радиальных и меридиональных напряжений в случае действия внутреннего и наружного давлений. Эпюры напряжений. Расчет толщины стенки корпуса по методам максимальных и предельных нагрузок. Основные положения ГОСТ 25215-82 "Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность". Температурные напряжения в толстостенном цилиндре. Расчет толстостенных корпусов при одновременном воздействии тепловых нагрузок и давления. Составные части корпуса высокого давления. Автофреттаж.				
Расчет и конструирование элементов колонных аппаратов	3	6	6	25
Тема 11. Расчетные усилия от ветровых нагрузок Устойчивость и прочность корпуса колонного аппарата. Основные положения: ГОСТ 24756-81 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий"; ГОСТ 24757-81 «Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность». Тема 12. Порядок расчета колонного аппарата Расчетная схема колонного аппарата. Исходные параметры конструкции, их обоснование. Порядок расчета колонного аппарата.				
Расчет и конструирование аппаратов с перемешивающими устройствами	1	0	2	15
Тема 13. Особенности конструкции аппаратов для перемешивания жидких сред Тихоходные и быстроходные мешалки. Уплотнения. Расчет тихоходных и быстроходных перемешивающих устройств.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 14. Расчет вала перемешивающего устройства Выбор расчетной схемы вала. Расчет вала на виброустойчивость, прочность и жесткость с учетом гидродинамики перемещиваемой среды. Тема 15. Типы и особенности конструкции уплотнительных устройств Методы расчета уплотнительных устройств. Область применения отдельных уплотнительных устройств в зависимости от условий эксплуатации аппаратов /давления, температуры, свойств обрабатываемой среды.				
ИТОГО по 7-му семестру	22	18	28	108
ИТОГО по дисциплине	22	18	28	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет элементов аппаратов, нагруженных внутренним давлением
2	Расчет элементов аппаратов на устойчивость
3	Расчет краевых напряжений в узлах сопряжения оболочек
4	Укрепление отверстий в оболочках
5	Расчет фланцевых соединений
6	Расчет толстостенной цилиндрической обечайки, днища и крышки
7	Расчет колонного аппарата
8	Расчет аппарата с перемешивающим устройством

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение деформаций и напряжений в аппарате колонного типа, возникающих от внутреннего давления и изгибающего момента
2	Исследование работы торцевого уплотнения

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
--------	---

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет вертикального выпарного аппарата на прочность и устойчивость в рабочих условиях и условиях испытания
2	Расчет горизонтального аппарата на прочность и устойчивость в рабочих условиях
3	Расчет химического реактора с перемешивающим устройством на прочность в рабочих условиях и условиях испытания
4	Расчет аппарата коробчатого типа с ребрами жесткости на прочность в рабочих условиях
5	Расчет корпуса колонного аппарата на прочность и устойчивость от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий
6	Расчет прочности теплообменника различной конструкции

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Калекин В.С. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли : учебное пособие для вузов / В.С. Калекин, Б. Н. Барсуков. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007.	5
2	Кн. 1. - Москва, Вологда: , Инфра-Инженерия, 2019. - (Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : учебник для вузов : в 2 кн.; Кн. 1).	1
3	Поникаров И.И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки : учебник для вузов / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. - М.: Альфа-М, 2006.	3
4	Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств : примеры и задачи : учебное пособие для вузов / М.Ф. Михалев [и др.]. - Москва: Арис, 2010.	202
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник/ А. А. Лашинский; Под ред. А. Р. Толчинского : справочник / А. А. Лашинский. - Москва: Альянс, 2011.	57
2.2. Периодические издания		
1	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	1
2.3. Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ 32388-2013. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия	1
2	ГОСТ Р 52857.1-2007 – ГОСТ Р 52857.12-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность	1
3	ПБ 03-584-03. Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных	1
4	Руководство по безопасности. Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, 2013	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Конструирование сварных химических аппаратов	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks118619	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Сборник нормативно-технической документации	1
Лабораторная работа	Установка для исследования напряжений в колонном аппарате от действия внутреннего давления и изгибающего момента	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Установка для исследования работы торцевого уплотнени	1
Лекция	Мультимедийная система, Доска, мел, 11 столов, 21 стул	1
Практическое занятие	Доска, мел, 11 столов, 21 стул	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Конструирование и расчёт машин и аппаратов отрасли»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

Направление подготовки:	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Направленность (профиль) образовательной программы:	Оборудование нефтегазопереработки
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Оборудование и автоматизация химических производств
Форма обучения:	Очная
Курс: 4	Семестр: 7
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч.
Форма промежуточной аттестации:	Экзамен: 7 семестр

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины и разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов указанной аттестации и критерии выставления оценок. Настоящий ФОС устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретённых владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчётов по лабораторным работам, при выполнении практических заданий, курсовой работы и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный
	ТО	ТКР	ОЛР	Т/КР	Экзамен
Усвоенные знания					
З.1 знать основы теории оболочек и пластин;	ТО			РТ	ТВ
З.2 знать основы гидромеханических, тепломассообменных и физико-химических процессов, протекающих в гетерогенных системах, механики жидкости и газов;	ТО				ТВ
З.3 принципиальное устройство и оптимальные режимы работы основных аппаратов нефтегазопереработки, энергетических установок, реакторного оборудования и оборудования механических процессов;	ТО			РТ	ТВ
З.4 правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением;		ТКР1	ОЛР1-ОЛР4	РТ	ТВ
З.5 технологии изготовления оборудования нефтегазопереработки.	ТО		ОЛР1-ОЛР4		ПЗ
Освоенные умения					
У.1 уметь выполнять расчёты сосудов и аппаратов от внутренних и внешних нагрузок;		ТКР4	ОЛР1-ОЛР4	РТ	ПЗ
У.2 уметь оптимизировать конструкцию машин и аппаратов нефтегазопереработки по результатам расчётов на прочность и устойчивость;		ТКР3			ПЗ
У.3 уметь пользоваться технической и нормативной документацией.		ТКР4	ОЛР1-ОЛР4		ПЗ
Приобретённые владения					
В.1 владеть навыками расчета на прочность и устойчивость оборудования нефтегазопереработки.			ОЛР1-ОЛР4		КЗ

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта; ТО – теоретический опрос; ТКР – текущая контрольная работа; ОЛР – отчёт по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ –

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2 Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учёбе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчётов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1 Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса и контрольной работы по теме. Результаты по четырёхбалльной шкале заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Типовые задания контрольной работы по теме:

1. Основные факторы, влияющие на конструкцию машин и аппаратов, их типовые конструктивные элементы.
2. Безмоментная теория оболочек. Расчет напряжений в тонкостенных оболочках различной формы.
3. Укрепление отверстий в аппаратах. Расчётные схемы и конструкции укрепления отверстий.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексной оценки усвоенных знаний, усвоенных

умений и приобретённых владений (табл. 1.1) проводится в форме тестирования, защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1 Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2 Рубежное тестирование (контрольная работа)

Согласно РПД запланировано одно рубежное тестирование и контрольная работа (РКТ) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первое тестирование и контрольная работа – по модулю 1 «Тонкостенные сосуды и аппараты», вторая контрольная работа – по модулю 2 «Толстостенные сосуды и аппараты», третья контрольная работа по модулю 3 «Аппараты колонного типа», четвертая контрольная работа – по модулю 4 «Аппараты с перемешивающими устройствами».

Типовые задания рубежного тестирования:

1. Укажите формулу для расчётной толщины стенки цилиндрического аппарата при внутреннем давлении:

$$1) S_R = \frac{P_{раб} \cdot D}{2[\sigma]\varphi - P_{раб}};$$

$$2) S_R = \frac{P_{расч} \cdot D}{2[\sigma]\varphi - P_{расч}};$$

$$3) S_R = \frac{P_{расч} \cdot D_{расч}}{2[\sigma]\varphi - P_{расч}};$$

$$4) S_R = \frac{P_{расч} \cdot D}{2[\sigma]\varphi - P_{расч}}$$

2. Какое из приведённых ниже условий является правильным для корпуса сосуда, работающего под вакуумом:

$$1) \frac{F}{[F]} + \frac{P}{[P]} + \frac{M}{[M]} + \left(\frac{Q}{[Q]} \right)^2 \leq 1,0$$

$$2) \frac{F}{[F]} + \frac{P}{[P]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0$$

$$3) \frac{F}{[F]} + \frac{P}{[P]} \leq 1,0$$

$$4) \frac{P}{[P]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0$$

3. Можно ли использовать спирально-навитую прокладку во фланцевых соединениях, работающих во взрывопожароопасных средах (ЛВЖ, ГЖ)?

1) только в соединениях «выступ-впадина»;

2) только в соединениях типа «шип-паз»;

3) в соединениях с гладкой уплотнительной поверхностью;

4) для ЛВЖ и ГЖ использовать запрещено.

Типовые задания первой контрольной работы КР1:

1. Для фланца 1-3000-1,6-10X17H13M2T рассчитать болтовую нагрузку в

условиях монтажа по следующим исходным данным:

- внутреннее давление рабочее, $P = 0,9$ МПа;
- рабочая температура, $t_{\text{раб}} = 90^{\circ}\text{C}$;
- внешний изгибающий момент, $M=0$;
- осевая сила, $F = -0,2$ МН;
- прибавка к расчётной толщине стенки, $C=0,001$ м;
- толщина стенки, $S=0,012$ м.

2. Рассчитать толщину стенки цилиндрического вертикального сосуда (аппарата) с эллиптическими днищами для рабочих условий и для условий гидравлических испытаний по следующим данным:

- диаметр сосуда, $D = 1,0$ м;
- высота цилиндрической части, $H = 3,0$ м;
- материал – 16 ГС;
- температура среды – 180°C ;
- давление рабочее – $P_{\text{раб}} = 1,2$ МПа/

Типовые задания второй контрольной работы КР2:

1. Рассчитать толщину стенки корпуса многослойного сосуда высокого давления по следующим параметрам:

- диаметр сосуда – 3200 мм;
- высота сосуда – 24000 мм;
- давление рабочее, $P = 32,0$ МПа;
- температура среды – 210°C ;
- материал несущих слоёв – 09Г2С;
- толщина стенки рулонной стали – 4,0 мм.

2. Рассчитать толщину стенки выпуклого днища сосуда высокого давления по следующим параметрам:

- диаметр сосуда $D = 3200$ мм;
- высота днища, $H = 0,25D$;
- давление рабочее, $P_{\text{раб}} = 22,0$ МПа;
- температура среды $t = 200^{\circ}\text{C}$;
- материал днища – 16ГС;
- прибавка к расчётной толщине, $C = 2,0$ мм.

Типовые задания третьей контрольной работы КР3:

1. Рассчитать прочность колонного аппарата, установленного на открытой площадке:

- диаметр внутренний, $D = 2200$ мм;
- высота колонны, $H = 28\ 000$ мм;
- высота цилиндрической опоры, $H_{\text{оп}} = 3000$ мм;
- давление в колонне $P = 0,3$ МПа;
- осевая сила, $F = 120000$ кг;
- изгибающий момент, $M = 0,45$ МН·м;
- материал колонны – сталь 12Х18Н10Т;
- прибавка $C = 2,0$ мм;
- температура среды – 110°C .

2. Рассчитать устойчивость колонны, установленной на открытой площадке:

- диаметр внутренний, $D = 2200$ мм;
- высота колонны, $H = 28\ 000$ мм;
- высота цилиндрической опоры, $H_{оп} = 3000$ мм;
- давление в колонне $P = 0,3$ МПа;
- осевая сила, $F = 120000$ кг;
- изгибающий момент, $M = 0,45$ МН·м;
- материал колонны – сталь 12Х18Н10Т;
- прибавка $C = 2,0$ мм;
- температура среды – 110°C .

Типовые задания четвертой контрольной работы КР4:

1. Расчет прочности корпуса аппарата с рубашкой при следующих параметрах:

- диаметр корпуса, $D = 1600$ мм;
- диаметр рубашки, $D = 1700$ мм;
- высота цилиндрической части, $H_{ц} = 2800$ мм;
- материал – Сталь Вст3сп;
- температура среды в корпусе – 120°C ;
- температура среды в рубашке – 20°C ;
- давление в корпусе – $P_{к} = 1,6$ МПа;
- давление в рубашке – $P_{руб} = 0,3$ МПа;

2. Расчет устойчивости корпуса аппарата с рубашкой при следующих параметрах:

- диаметр корпуса, $D = 1600$ мм;
- диаметр рубашки, $D = 1700$ мм;
- высота цилиндрической части, $H_{ц} = 2800$ мм;
- материал – Сталь Вст3сп;
- температура среды в корпусе – 120°C ;
- температура среды в рубашке – 20°C ;
- давление в корпусе – $P_{к} = 0,3$ МПа;
- давление в рубашке – $P_{руб} = 1,0$ МПа;

2.3 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и практических заданий, положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и уровня приобретённых владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1 Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Безмоментная теория расчета оболочек. Вывод уравнений для толщины стенки цилиндрических, конических и сферических оболочек.
2. Основные положения моментной теории расчёта тонкостенных оболочек. Причина появления краевых нагрузок.
3. Укрепления отверстий в оболочках. Расчётные схемы и конструкции укрепления отверстий.
4. Понятие об устойчивости оболочек вращения. Расчет длинных и коротких цилиндрических оболочек.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Напряженное состояние толстостенных оболочек. Определение кольцевых, радиальных и меридиональных напряжений в случае действия внутреннего и наружного давлений. Эпюры напряжений.
2. Расчётная схема колонного аппарата. Исходные параметры конструкции, их обоснование. Порядок расчета колонного аппарата.
3. Выбор расчётной схемы вала. Расчет вала на виброустойчивость, прочность и жёсткость с учётом гидродинамики перемешивающей среды.
4. Методика расчета уплотнительных устройств.

Типовые комплексные задания для контроля приобретённых владений:

1. Основные положения ГОСТ Р 52857.3-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчёты на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер». Порядок расчета укрепления отверстия.
2. Основные положения ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений».
3. Основные положения ГОСТ 25215-82 «Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность» (с Изменением № 1).
4. Основные положения ГОСТ Р 51274-99. «Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность».

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утверждённого комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2 Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3 Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2 Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учётом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведённые в общей части ФОС образовательной программы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

15.03.02 Технологические машины и
оборудование
Оборудование нефтегазопереработки
Кафедра: «Оборудование и
автоматизация химических
производств»
Дисциплина: «Конструирование и
расчёт машин и аппаратов отрасли»

БИЛЕТ № 3

1. Безмоментная теория оболочек. Расчет напряжений в тонкостенных сосудах (оболочках) различной формы (*контроль знаний*).
2. Расчётная схема колонного аппарата. Порядок расчета колонного аппарата (*контроль умений*).
3. Основные положения ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений (*контроль умений и владений*).

Составил

(подпись)

В.Д. Белов

Заведующий кафедрой

(подпись)

Е.Р. Мошев

« ____ » _____ 2023 г.