

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Миллионщиков Мариса Павловна

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.07.2026 09:02:44

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Грозненский государственный нефтяной технический университет

имени академика М.Д. Миллионщикова

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор – проректор ОД

И.Г. Гайрабеков

« 23 » 1 04 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«РАСЧЁТ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ»

Направление подготовки

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль

«Инжиниринг технологического оборудования добычи нефти и газа»

Квалификация

Бакалавр

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний и практических умений по расчёту, выбору и конструированию машин, аппаратов, узлов и элементов нефтегазопромыслового оборудования с учётом рабочих нагрузок, свойств материалов, требований прочности, жёсткости, устойчивости, долговечности, надёжности, технологичности и безопасной эксплуатации.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

- освоение методологии инженерного расчёта и последовательности проектно-конструкторских работ от анализа технического задания до оформления расчётной и конструкторской документации;
- изучение расчётных схем, видов нагрузок и сочетаний воздействий, характерных для нефтепромысловых машин и оборудования;
- формирование навыков выбора расчётных параметров, конструкционных материалов, допускаемых напряжений, коэффициентов запаса и нормативных критериев работоспособности;
- освоение методов расчёта элементов оборудования на статическую прочность, жёсткость, устойчивость, контактную прочность, усталость и долговечность;
- изучение расчётов корпусов, обечаек, днищ, крышек, штуцеров, фланцевых, резьбовых и сварных соединений оборудования, работающего под давлением;
- освоение расчётов валов, осей, подшипников, зубчатых и ременных передач, муфт, рам, опор и приводов нефтегазопромысловых агрегатов;
- формирование умений выполнять гидравлические, силовые, энергетические и тепловые расчёты насосного, компрессорного, трубопроводного и теплообменного оборудования;
- изучение расчётных подходов к устьевому, скважинному, подъёмному и ремонтному оборудованию нефтяных и газовых промыслов;
- освоение методов анализа напряжённо-деформированного состояния, вибраций, ресурса и надёжности с применением современных программных средств;
- формирование навыков выполнения и защиты курсового проекта, оформления расчётно-пояснительной записки, чертежей и спецификаций по требованиям ЕСКД.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений (индекс Б1.В.07). Дисциплина изучается в 7 семестре. Формы промежуточной аттестации — экзамен и курсовой проект.

Освоение дисциплины опирается на результаты изучения дисциплин «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Соппротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Материаловедение», «Механика жидкости и газа», «Термодинамика и теплопередача», «Оборудование и агрегаты нефтегазовых промыслов», «Надёжность нефтепромыслового оборудования» и «Диагностика технического состояния объектов НПП».

Полученные знания и умения используются при изучении дисциплин «Техника бурения нефтегазовых скважин», «Техника добычи нефти и газа», «Монтаж, эксплуатация и ремонт нефтегазового оборудования», «Опытно-конструкторские работы и патентоведение в нефтепромысловом оборудовании», при прохождении производственных практик, подготовке выпускной квалификационной работы и решении профессиональных проектно-конструкторских задач.

3. Планируемые результаты освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения.

Таблица 1 – Компетенции, индикаторы достижения и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2. Способен осуществлять математическое моделирование технологических процессов и работы оборудования, применять стандартные программные пакеты автоматизированного проектирования и исследования при решении инженерных задач.	ПК-2.1. Формирует расчётную модель машины или элемента оборудования, выбирает метод решения и применяет вычислительные средства для анализа напряжений, деформаций, устойчивости, динамики и рабочих характеристик.	Знать: основы построения расчётных моделей, методы аналитического и численного расчёта, возможности инженерного программного обеспечения. Уметь: формализовать задачу, задавать нагрузки, закрепления и свойства материалов, оценивать корректность результата. Владеть: навыками выполнения и документирования инженерных вычислений и компьютерного моделирования.	Расчётные задания; практические работы; аттестации; курсовой проект; экзамен.
ПК-4. Способен собирать и анализировать исходные данные для проектирования изделий и технологических процессов их производства, используя нормативно-техническую документацию и результаты исследований.	ПК-4.1. Определяет состав исходных данных для расчёта нефтегазопромышленного оборудования, использует техническое задание, паспорта, каталоги, стандарты и сведения об условиях эксплуатации.	Знать: состав исходных данных, виды нагрузок и сочетаний, нормативные требования к материалам и расчётам. Уметь: проверять полноту и достоверность данных, обосновывать расчётные случаи и коэффициенты. Владеть: навыками подготовки карты исходных данных и нормативной базы расчёта.	Практические работы; анализ технического задания; курсовой проект; экзамен.
ПК-5. Способен выполнять инженерные расчёты и проектировать детали и узлы машин в соответствии с выданными техническими заданиями, используя современные средства автоматизации проектирования.	ПК-5.1. Выполняет проверочные и проектировочные расчёты элементов машин и оборудования на прочность, жёсткость, устойчивость, долговечность и работоспособность, выбирает размеры и конструктивное исполнение.	Знать: методы расчёта типовых элементов, соединений, сосудов, передач, валов, опор, трубопроводов и приводов. Уметь: определять расчётные нагрузки, выбирать материал и допускаемые напряжения, назначать размеры и выполнять проверку. Владеть: навыками обоснованного выбора конструкции и типоразмера оборудования.	Расчётно-графические работы; практические задания; аттестации; курсовой проект; экзамен.
ПК-6. Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, грамотно оформлять конструкторские чертежи, спецификации и другие документы, контролировать соответствие разработанных проектов стандартам и техническим условиям.	ПК-6.1. Оформляет расчётно-пояснительную записку, сборочные чертежи, чертежи деталей и спецификации; обеспечивает прослеживаемость исходных данных, расчётов и принятых конструктивных решений.	Знать: требования ЕСКД к составу и оформлению проектной документации, правила обозначения материалов, соединений, допусков и технических требований. Уметь: оформлять расчёты, схемы, чертежи и спецификации, выполнять контроль соответствия стандартам. Владеть: навыками подготовки и защиты комплекта курсового проекта.	Проверка отчётов; графические задания; курсовой проект; экзамен.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2 – Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего	7 семестр
Контактная работа, всего	68	68
в том числе:		
лекционные занятия	34	34
практические занятия	34	34
лабораторные занятия	—	—
Самостоятельная работа обучающихся, всего	121	121
в том числе выполнение курсового проекта	36	36
другие виды самостоятельной работы	85	85
Контроль	27	27
Формы промежуточной аттестации	экзамен	экзамен
Общая трудоёмкость, часов	216	216
Общая трудоёмкость, зачётных единиц	6	6

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и распределение трудоемкости

Таблица 3 – Разделы дисциплины и виды учебной работы

№	Наименование раздела	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Методология расчёта и проектирования нефтегазопромыслового оборудования	4	4	14	22
2	Расчёт элементов машин, соединений и несущих конструкций	4	4	15	23
3	Расчёт сосудов, аппаратов и оборудования, работающего под давлением	6	6	18	30
4	Расчёт устьевоего оборудования, арматуры и промысловых трубопроводов	4	4	14	22
5	Расчёт насосного, компрессорного оборудования и приводов	4	4	14	22
6	Расчёт скважинного, подъёмного и ремонтного оборудования	4	4	14	22
7	Динамика, вибрации, усталость, ресурс и надёжность конструкций	4	4	16	24
8	Автоматизированный расчёт, оптимизация и курсовое проектирование	4	4	16	24
	Итого	34	34	121	189

Примечание – 27 часов контроля, предусмотренных учебным планом, в распределение трудоемкости по разделам не включены.

5.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4 – Содержание разделов

Наименование разделов	Содержание
Методология расчёта и проектирования нефтегазопромыслового оборудования	Техническое задание и этапы проектирования. Классификация расчётов: проектировочные, проверочные, оптимизационные и ресурсные. Выбор расчётной схемы. Нагрузки и воздействия: постоянные, переменные,

Наименование разделов	Содержание
	циклические, ударные, температурные, монтажные, транспортные, ветровые и сейсмические. Расчётные сочетания. Коэффициенты надёжности и запаса. Выбор материалов, допускаемых напряжений и расчётных температур. Нормативный и экспериментальный подходы. Проверка размерности, чувствительности и достоверности результатов.
Расчёт элементов машин, соединений и несущих конструкций	Напряжения при растяжении, сжатии, изгибе, кручении и сложном сопротивлении. Эквивалентные напряжения и теории прочности. Расчёт валов, осей, шпонок, шлицев, муфт и подшипников. Болтовые, резьбовые, сварные, штифтовые и заклёпочные соединения. Расчёт рам, оснований, опор и кронштейнов на прочность, жёсткость и устойчивость. Контактные напряжения. Выбор профилей и сечений. Конструктивные концентраторы напряжений и пути их снижения.
Расчёт сосудов, аппаратов и оборудования, работающего под давлением	Расчёт цилиндрических и конических обечаек, эллиптических, полусферических и плоских днищ и крышек. Прибавки к расчётной толщине. Проверка допустимого давления. Укрепление отверстий и расчёт штуцеров. Фланцевые соединения, болты, прокладки и условия герметичности. Опорные нагрузки. Малоцикловая прочность. Расчёт сепараторов, отстойников, ресиверов, ёмкостей и теплообменников. Устойчивость при наружном давлении. Учёт коррозии, эрозии, температурных воздействий и сварных соединений.
Расчёт устьевого оборудования, арматуры и промысловых трубопроводов	Расчёт корпусных деталей и запорных элементов устьевой и фонтанной арматуры. Нагрузки от давления, массы колонн, температурных деформаций и внешних воздействий. Расчёт фланцев, шпилек и уплотнений. Промысловые трубопроводы: толщина стенки, прочность, устойчивость, гидравлические потери, температурная компенсация, опоры и анкеровка. Гидроудар и нестационарные режимы. Расчёт манифольдов, коллекторов и соединительных элементов.
Расчёт насосного, компрессорного оборудования и приводов	Расчёт подачи, давления, мощности и КПД насосов. Поршневые и плунжерные насосы: кинематика, производительность, неравномерность подачи, нагрузки на шток, кривошипно-шатунный механизм и привод. Центробежные насосы: рабочая точка, кавитационный запас и регулирование. Компрессоры: производительность, степень повышения давления, мощность, температурный режим и охлаждение. Расчёт валов, передач, редукторов, муфт, подшипников и рам агрегатов.
Расчёт скважинного, подъёмного и ремонтного оборудования	Расчёт колонн насосно-компрессорных труб, штанг, канатов и элементов подвески. Статические и динамические нагрузки. Продольные и крутильные колебания. Расчёт узлов станка-качалки и приводов штанговых насосных установок. Расчёт пакеров, якорей, ловильного и ремонтного инструмента. Подъёмные сооружения, тали, лебёдки и грузозахватные устройства. Устойчивость мачт и рам. Коэффициенты динамичности и требования безопасности.
Динамика, вибрации, усталость, ресурс и надёжность конструкций	Динамические модели оборудования. Собственные частоты, резонанс и виброизоляция. Балансировка вращающихся частей. Усталостные кривые, амплитуды и средние напряжения, концентрация напряжений, масштабный фактор и состояние поверхности. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Накопление повреждений. Расчёт ресурса по спектру нагрузок. Вероятностный подход, разброс свойств и нагрузок. Расчёт надёжности элементов и систем. Обоснование интервалов контроля и безопасного срока службы.
Автоматизированный расчёт, оптимизация и курсовое проектирование	Использование электронных таблиц, математических пакетов и CAD/CAE-систем. Подготовка геометрической и расчётной модели. Сеточная сходимость, граничные условия и верификация. Параметрические исследования и оптимизация массы, габаритов, ресурса и стоимости. Технико-экономическое сравнение вариантов. Состав курсового проекта: техническое задание, обзор и выбор конструкции, расчётная часть, конструкторская документация, безопасность, выводы. Правила оформления и защиты проекта.

5.3. Тематический план лекционных занятий

Таблица 5 – Лекционные занятия

№	Тема лекции	Часы
1	Методология инженерного расчёта и стадии проектирования нефтегазопромыслового оборудования	2
2	Нагрузки, расчётные случаи, материалы и допускаемые напряжения	2
3	Прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций	2
4	Расчёт разъёмных, неразъёмных и сварных соединений	2
5	Расчёт валов, осей, подшипников, передач и муфт	2
6	Расчёт обечаек, днищ и крышек сосудов под давлением	2
7	Укрепление отверстий, штуцеры и фланцевые соединения	2
8	Расчёт опор, устойчивости, малоцикловой прочности и теплообменных аппаратов	2
9	Расчёт устьевой арматуры, манифольдов и герметизирующих соединений	2
10	Прочностной и гидравлический расчёт промысловых трубопроводов	2
11	Расчёт насосов, насосных установок и их приводов	2
12	Расчёт компрессоров, газовых систем и приводных агрегатов	2
13	Расчёт колонн НКТ, насосных штанг и скважинного оборудования	2
14	Расчёт подъёмного, ремонтного и грузоподъёмного оборудования	2
15	Динамические нагрузки, вибрации и балансировка машин	2
16	Усталость, долговечность, ресурс и надёжность оборудования	2
17	CAD/CAE-расчёт, оптимизация и организация курсового проектирования	2
	Итого	34

5.4. Тематический план практических занятий

Таблица 6 – Практические занятия

№	Тема практического занятия	Часы	Форма отчётности
1	Формирование технического задания, карты исходных данных и расчётных случаев	2	Карта исходных данных
2	Выбор материала, допускаемых напряжений и коэффициентов запаса	2	Расчётная таблица
3	Расчёт стержневого элемента при сложном сопротивлении	2	Расчёт и эпюры
4	Расчёт болтового, резьбового и сварного соединения	2	Расчёт соединения
5	Проектировочный расчёт вала, подшипников и муфты	2	Эскиз и расчёт
6	Расчёт цилиндрической обечайки и днища сосуда под давлением	2	Расчёт толщин
7	Расчёт укрепления отверстия и штуцерного узла	2	Схема и расчёт
8	Расчёт фланцевого соединения на прочность и герметичность	2	Расчёт фланца
9	Расчёт опор и проверка устойчивости аппарата	2	Проверочный расчёт
10	Расчёт элемента устьевой арматуры или манифольда	2	Расчётный эскиз
11	Гидравлический и прочностной расчёт участка промыслового трубопровода	2	Расчёт трубопровода
12	Расчёт параметров насосной установки и мощности привода	2	Подбор агрегата
13	Расчёт компрессорной ступени и приводной мощности	2	Расчёт режима
14	Расчёт колонны НКТ или насосных штанг	2	Расчёт колонны
15	Расчёт каната, лебёдки или подъёмной конструкции	2	Проверка прочности
16	Расчёт усталостной прочности и ориентировочного ресурса детали	2	Ресурсный расчёт

№	Тема практического занятия	Часы	Форма отчётности
17	Компьютерная проверка элемента и защита комплексного расчётного задания	2	Модель и защита
	Итого	34	

5.5. Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 7 – Самостоятельная работа

№	Вид самостоятельной работы	Часы
1	Изучение нормативной документации, подготовка карты исходных данных и расчётных случаев	10
2	Решение задач по прочности, жёсткости, устойчивости и соединениям	12
3	Расчёты валов, передач, подшипников, рам и опор	10
4	Расчёт сосудов, аппаратов, штуцеров и фланцевых соединений	14
5	Расчёт устьевого оборудования, арматуры и трубопроводов	10
6	Расчёты насосного, компрессорного, скважинного и подъёмного оборудования	12
7	Расчёты динамики, вибраций, усталости, ресурса и надёжности	10
8	Освоение расчётного программного обеспечения и подготовка к аттестациям и экзамену	17
9	Выполнение курсового проекта	36
	Итого	121

5.6. Курсовой проект

Курсовой проект является комплексной формой закрепления компетенций по расчёту и конструированию нефтегазопромыслового оборудования. Объект и исходные данные назначаются преподавателем индивидуально. Объём самостоятельной работы на курсовой проект составляет 36 часов.

Рекомендуемая тематика курсовых проектов:

- Расчёт и разработка конструкции вертикального нефтегазового сепаратора.
- Расчёт и разработка конструкции горизонтального трёхфазного сепаратора.
- Расчёт и конструирование газосепаратора или каплеуловителя.
- Расчёт аппарата подготовки нефти: отстойника, подогревателя или электродегидратора.
- Расчёт теплообменного аппарата установки подготовки нефти или газа.
- Расчёт ёмкости или ресивера, работающего под избыточным давлением.
- Расчёт фланцевого и штуцерного узла промыслового аппарата.
- Расчёт элемента фонтанной арматуры или устьевой обвязки скважины.
- Расчёт высоконапорного манифольда или участка нагнетательной линии.
- Расчёт насосного агрегата и элементов его привода.
- Расчёт вала, подшипников и муфты нефтепромыслового агрегата.
- Расчёт механизма и привода штанговой скважинной насосной установки.
- Расчёт колонны насосных штанг или насосно-компрессорных труб.
- Расчёт компрессорного ресивера, сепаратора или элемента компрессорной установки.
- Расчёт подъёмной мачты, лебёдки или элемента ремонтного агрегата.

Рекомендуемый состав курсового проекта: титульный лист; задание; содержание; введение; анализ исходных данных и существующих конструкций; выбор и обоснование схемы; основные инженерные расчёты; выбор материалов; проверка прочности, жёсткости, устойчивости и ресурса; требования к изготовлению, контролю и безопасной эксплуатации;

закключение; список источников; приложения. Графическая часть включает сборочный чертёж или схему общего вида, один-два чертежа основных деталей и спецификацию либо иной комплект, установленный заданием.

6. Образовательные технологии

Освоение дисциплины строится на сочетании проблемных лекций, решения инженерных задач, анализа реальных конструкций, работы с нормативно-технической документацией, использования справочных и каталожных данных, выполнения графических и компьютерных расчётов, а также курсового проектирования.

Основные применяемые образовательные технологии:

- проблемное изложение материала с анализом причин отказов и ошибок проектирования;
- решение расчётных и расчётно-графических задач по вариантам;
- работа с техническими заданиями, паспортами, каталогами, стандартами и чертежами;
- анализ альтернативных конструктивных решений и технико-экономическое сравнение вариантов;
- применение электронных таблиц, математических пакетов, CAD- и CAE-систем;
- проектный метод при выполнении курсового проекта;
- защита расчётных работ и проекта с аргументированным ответом на вопросы.

При применении электронного обучения материалы лекций, задания, варианты исходных данных, образцы оформления, нормативные документы и консультации предоставляются через электронную информационно-образовательную среду университета.

7. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации

7.1. Формы текущего контроля

Текущий контроль включает:

- устный опрос и обсуждение контрольных вопросов по лекционным темам;
- проверку расчётных и расчётно-графических практических работ;
- тестирование по методам расчёта, нормативным требованиям и обозначениям;
- первую аттестацию по разделам 1–4;
- вторую аттестацию по разделам 5–8;
- контроль этапов выполнения и защиту курсового проекта;
- экзамен по всему содержанию дисциплины.

7.2. Соответствие оценочных средств компетенциям

Таблица 8 – Оценочные средства и контролируемые компетенции

Оценочное средство	Компетенции	Контролируемый результат
Опрос и тестирование	ПК-2; ПК-4; ПК-5	Знание методологии, расчётных схем, нормативных критериев, материалов и методов расчёта.
Практические работы 1–5	ПК-4; ПК-5; ПК-6	Подготовка исходных данных, расчёт элементов машин, соединений, валов и передач.
Практические работы 6–11	ПК-2; ПК-4; ПК-5	Расчёт сосудов, аппаратов, фланцев, устьевых оборудования и трубопроводов.
Практические работы 12–17	ПК-2; ПК-5; ПК-6	Расчёт агрегатов, скважинных и подъёмных систем, ресурса и компьютерная проверка.
Первая и вторая аттестации	ПК-2; ПК-4; ПК-5	Промежуточное подтверждение освоения теоретических и расчётных методов.
Курсовой проект	ПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6	Комплексный расчёт, выбор конструкции и оформление проектно-конструкторской документации.

Оценочное средство	Компетенции	Контролируемый результат
Экзамен	ПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6	Подтверждение сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине.

7.3. Критерии оценивания практических работ

Таблица 9 – Критерии оценивания практических работ

Критерий	Показатель
Полнота исходных данных	Определены расчётная схема, нагрузки, сочетания, материал, температура, коэффициенты и нормативная база.
Корректность метода	Выбран применимый метод расчёта, указаны допущения и границы его использования.
Точность вычислений	Формулы записаны корректно, единицы согласованы, промежуточные и итоговые результаты проверены.
Инженерная обоснованность	Размеры, материал и конструктивное решение соответствуют критериям прочности, жёсткости, устойчивости и работоспособности.
Оформление и защита	Отчёт содержит схему, исходные данные, ход расчёта, вывод; обучающийся объясняет решение и отвечает на вопросы.

7.4. Критерии оценивания курсового проекта

Таблица 10 – Критерии оценивания курсового проекта

Критерий	Показатель
Соответствие заданию	Объект, исходные данные, состав и объём проекта соответствуют утверждённому заданию.
Расчётная часть	Расчёты выполнены последовательно, нормативно корректно, охватывают основные критерии работоспособности и содержат проверки.
Конструктивное решение	Принятая конструкция технологична, ремонтпригодна, безопасна и согласована с результатами расчётов.
Графическая часть	Чертежи, схемы и спецификации читаемы, взаимно согласованы и оформлены по требованиям ЕСКД.
Самостоятельность	Обучающийся понимает принятые допущения, способен изменить расчёт при новых данных и обосновать решения.
Защита	Доклад логичен, результаты представлены ясно, ответы на вопросы технически корректны.

7.5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Таблица 11 – Показатели и критерии оценивания компетенций

Код компетенции	Показатели оценивания	Критерии сформированности
ПК-2	Построение расчётной модели; применение аналитических и численных методов; интерпретация результатов моделирования.	Компетенция сформирована, если обучающийся корректно формализует задачу, задаёт исходные условия, выбирает метод расчёта, проверяет сходимость и физический смысл результата.
ПК-4	Сбор и анализ исходных данных; выбор нагрузок, материалов, коэффициентов и нормативных документов.	Компетенция сформирована, если обучающийся выявляет необходимые данные, оценивает их полноту, устанавливает расчётные случаи и документирует источники.

Код компетенции	Показатели оценивания	Критерии сформированности
ПК-5	Выполнение проективных и проверочных расчётов; выбор размеров и конструктивных решений.	Компетенция сформирована, если обучающийся получает технически обоснованные размеры и подтверждает прочность, жёсткость, устойчивость, долговечность и работоспособность элемента или узла.
ПК-6	Оформление расчётно-пояснительной и графической документации; контроль соответствия ЕСКД.	Компетенция сформирована, если расчёты и чертежи взаимно согласованы, содержат необходимые обозначения, технические требования и могут быть проверены и воспроизведены.

7.6. Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Таблица 12 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Уровень	Диапазон	Обобщённые критерии	Результат
Высокий	85–100 %	Расчёты выполнены полно и самостоятельно; исходные данные и нормативы выбраны корректно; конструктивные решения обоснованы; документация практически применима.	Компетенция сформирована
Базовый	70–84 %	Основные расчёты и решения правильны; имеются отдельные неточности, не меняющие общего вывода; замечания исправляются самостоятельно.	Компетенция сформирована
Пороговый	55–69 %	Обучающийся выполняет типовые расчёты по известному алгоритму, но допускает ошибки в детализации модели, коэффициентах или оформлении.	Компетенция сформирована
Ниже порогового	менее 55 %	Не определены расчётные случаи, применён неверный метод либо допущены существенные ошибки, приводящие к небезопасному или неработоспособному решению.	Компетенция не сформирована

7.7. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Таблица 13 – Критерии выставления экзаменационной оценки

Оценка	Критерии
«Отлично»	Обучающийся полно раскрывает теоретические вопросы, самостоятельно строит расчётную схему, корректно выполняет расчёт и обосновывает конструктивное решение; существенные ошибки отсутствуют.
«Хорошо»	Основное содержание освоено, расчёт выполнен верно, но имеются отдельные неточности в пояснениях, выборе коэффициентов или оформлении, не влияющие на итоговый инженерный вывод.
«Удовлетворительно»	Продemonстрировано знание основных понятий и способность выполнить типовой расчёт по алгоритму; допущены ошибки, исправляемые с помощью уточняющих вопросов.
«Неудовлетворительно»	Не усвоены основные методы, расчётная схема не соответствует задаче, допущены существенные ошибки или отсутствует технически обоснованный результат.

Таблица 14 – Критерии оценивания курсового проекта

Оценка	Критерии
«Отлично»	Проект выполнен полностью и самостоятельно, расчёты нормативно корректны, конструкция и графическая часть взаимно согласованы, защита уверенная.
«Хорошо»	Проект соответствует заданию, основные расчёты и чертежи правильны, имеются отдельные устранимые недостатки.
«Удовлетворительно»	Проект содержит обязательные разделы, но расчёты и оформление выполнены на минимально допустимом уровне и требуют существенных замечаний.
«Неудовлетворительно»	Проект не соответствует заданию, содержит критические расчётные ошибки, некомплектен либо обучающийся не может объяснить принятые решения.

7.8. Вопросы к первой аттестации

1. Цель, задачи и последовательность инженерного расчёта оборудования.
2. Техническое задание и состав исходных данных для проектирования.
3. Проектировочный, проверочный, оптимизационный и ресурсный расчёты.
4. Расчётная схема и основные виды идеализации конструкции.
5. Классификация нагрузок и воздействий на нефтепромысловое оборудование.
6. Расчётные сочетания нагрузок и коэффициенты запаса.
7. Выбор конструкционных материалов и расчётной температуры.
8. Допускаемые напряжения и коэффициент прочности сварного соединения.
9. Напряжения при растяжении, сжатии, изгибе и кручении.
10. Эквивалентные напряжения при сложном напряжённом состоянии.
11. Расчёт жёсткости и допускаемых перемещений.
12. Проверка устойчивости сжатых элементов.
13. Расчёт болтовых и резьбовых соединений.
14. Расчёт сварных соединений.
15. Расчёт валов и осей на статическую прочность.
16. Расчёт подшипников качения по динамической грузоподъёмности.
17. Расчёт шпоночных, шлицевых соединений и муфт.
18. Расчёт зубчатых и ременных передач.
19. Расчёт цилиндрической обечайки при внутреннем давлении.
20. Расчёт выпуклых и плоских днищ и крышек.
21. Прибавки к расчётной толщине стенки.
22. Проверка допускаемого рабочего давления сосуда.
23. Укрепление отверстий в обечайках и днищах.
24. Расчёт штуцеров и внешних нагрузок на штуцер.
25. Расчёт фланцевого соединения на прочность и герметичность.
26. Расчёт опорных нагрузок и устойчивости аппарата.

7.9. Образцы билетов к первой аттестации

ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ К ПЕРВОЙ АТТЕСТАЦИИ № 1

1. Классификация нагрузок и формирование расчётных сочетаний.
2. Расчёт цилиндрической обечайки при внутреннем давлении.
3. Практическое задание: определить требуемую толщину стенки цилиндрической обечайки по заданным p , D , $[\sigma]$, φ и прибавке s .

ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ К ПЕРВОЙ АТТЕСТАЦИИ № 2

1. Эквивалентные напряжения при совместном изгибе и кручении.
2. Расчёт болтового соединения.
3. Практическое задание: проверить вал по эквивалентному напряжению при заданных M и T .

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ К ПЕРВОЙ АТТЕСТАЦИИ № 3

1. Выбор материала и допускаемого напряжения.
2. Расчёт укрепления отверстия в обечайке.
3. Практическое задание: составить карту исходных данных для расчёта штуцерного узла.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ К ПЕРВОЙ АТТЕСТАЦИИ № 4

1. Расчёт подшипников качения по долговечности.
2. Фланцевое соединение: расчётные случаи и критерий герметичности.
3. Практическое задание: определить требуемую динамическую грузоподъёмность подшипника.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ К ПЕРВОЙ АТТЕСТАЦИИ № 5

1. Проверка устойчивости сжатого элемента.
2. Расчёт сварного соединения.
3. Практическое задание: определить запас устойчивости стойки по формуле Эйлера и оценить применимость расчёта.

7.10. Вопросы ко второй аттестации

1. Расчёт корпусных деталей устьевой арматуры.
2. Расчёт шпилек, фланцев и уплотнений фонтанной арматуры.
3. Нагрузки на устьевое оборудование от колонн и трубопроводов.
4. Прочностной расчёт промыслового трубопровода.
5. Гидравлический расчёт трубопровода и местных сопротивлений.
6. Температурные деформации, компенсация и опоры трубопроводов.
7. Гидроудар и оценка максимального давления.
8. Расчёт подачи и мощности насосной установки.
9. Расчёт поршневого и плунжерного насоса.
10. Кинематические и силовые параметры кривошипно-шатунного механизма.
11. Рабочая точка центробежного насоса и кавитационный запас.
12. Расчёт компрессорной ступени и мощности компрессора.
13. Расчёт температурного режима и охлаждения компрессора.
14. Расчёт колонны насосно-компрессорных труб.
15. Расчёт колонны насосных штанг.
16. Расчёт механизма станка-качалки.
17. Расчёт пакера, якоря или элемента скважинного оборудования.
18. Расчёт стального каната и барабана лебёдки.

19. Расчёт подъёмной рамы или мачты.
20. Собственные частоты и условие отсутствия резонанса.
21. Балансировка вращающихся деталей и виброизоляция.
22. Усталостная прочность при симметричном и асимметричном цикле.
23. Накопление усталостных повреждений и оценка ресурса.
24. Расчёт надёжности последовательной и резервированной системы.
25. Построение расчётной модели в CAD/CAE-системе.
26. Верификация, сеточная сходимость и анализ результатов компьютерного расчёта.

7.11. Образцы билетов ко второй аттестации

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ КО ВТОРОЙ АТТЕСТАЦИИ № 1

1. Прочностной и гидравлический расчёт промышленного трубопровода.
2. Расчёт подачи и мощности насосной установки.
3. Практическое задание: определить потери давления и требуемую мощность насоса для заданного участка трубопровода.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ КО ВТОРОЙ АТТЕСТАЦИИ № 2

1. Расчёт колонны насосных штанг.
2. Усталостная прочность детали при переменных напряжениях.
3. Практическое задание: определить коэффициент запаса усталостной прочности по заданным амплитуде и среднему напряжению.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ КО ВТОРОЙ АТТЕСТАЦИИ № 3

1. Расчёт компрессорной ступени и приводной мощности.
2. Собственные частоты и резонанс машин.
3. Практическое задание: оценить допустимость рабочего диапазона частот относительно собственной частоты системы.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ КО ВТОРОЙ АТТЕСТАЦИИ № 4

1. Расчёт стального каната и барабана лебёдки.
2. Расчёт надёжности последовательной системы.
3. Практическое задание: определить минимальное разрывное усилие каната и коэффициент запаса.

ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

БИЛЕТ КО ВТОРОЙ АТТЕСТАЦИИ № 5

1. Расчёт корпусной детали устьевой арматуры.
2. Построение и проверка конечно-элементной модели.
3. Практическое задание: перечислить граничные условия и критерии оценки результатов расчёта корпуса под давлением.

7.12. Перечень вопросов к экзамену

1. Методология и этапы расчёта нефтегазопромыслового оборудования.
2. Состав технического задания и исходных данных.
3. Расчётные схемы и виды инженерных моделей.
4. Классификация нагрузок и воздействий.
5. Расчётные сочетания и коэффициенты запаса.
6. Выбор материала и допускаемого напряжения.
7. Статическая прочность при простых видах нагружения.
8. Эквивалентные напряжения при сложном сопротивлении.
9. Расчёт жёсткости и допускаемых деформаций.
10. Расчёт устойчивости сжатых элементов.
11. Расчёт резьбовых и болтовых соединений.
12. Расчёт сварных соединений.
13. Расчёт валов и осей.
14. Расчёт шпонок, шлицев и муфт.
15. Расчёт подшипников качения.
16. Расчёт механических передач.
17. Расчёт цилиндрических и конических обечаек.
18. Расчёт выпуклых и плоских днищ и крышек.
19. Прибавки к расчётной толщине и проверка допускаемого давления.
20. Укрепление отверстий в обечайках и днищах.
21. Расчёт штуцерного узла.
22. Расчёт фланцевого соединения.
23. Расчёт опор и устойчивости аппаратов.
24. Расчёт малоцикловой прочности сосудов и аппаратов.
25. Особенности расчёта теплообменного оборудования.
26. Расчёт устьевой и фонтанной арматуры.
27. Расчёт манифольдов и коллекторов.
28. Прочностной расчёт промыслового трубопровода.
29. Гидравлический расчёт трубопровода.
30. Температурные напряжения и компенсация трубопроводов.
31. Гидроудар и нестационарные нагрузки.
32. Расчёт параметров насосной установки.
33. Расчёт поршневого и плунжерного насоса.
34. Расчёт центробежного насоса и рабочей точки.
35. Кавитация и кавитационный запас.

36. Расчёт компрессора и приводной мощности.
37. Расчёт валов, передач и рам насосно-компрессорных агрегатов.
38. Расчёт колонны насосно-компрессорных труб.
39. Расчёт колонны насосных штанг.
40. Расчёт механизма штанговой насосной установки.
41. Расчёт пакеров, якорей и скважинного инструмента.
42. Расчёт канатов, блоков и барабанов.
43. Расчёт лебёдок, мачт и подъёмных конструкций.
44. Динамические модели машин и оборудования.
45. Собственные частоты, резонанс и виброизоляция.
46. Балансировка вращающихся деталей.
47. Усталостная прочность и факторы, влияющие на предел выносливости.
48. Накопление повреждений и расчёт ресурса.
49. Расчёт надёжности элементов и систем.
50. Конечно-элементный расчёт и подготовка расчётной модели.
51. Верификация и оценка достоверности компьютерного расчёта.
52. Параметрическая оптимизация конструкции.
53. Состав и оформление расчётно-пояснительной записки.
54. Требования ЕСКД к чертежам и спецификациям.
55. Содержание и порядок защиты курсового проекта.

7.13. Образец экзаменационного билета

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Дисциплина «Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов» ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 1. Расчёт цилиндрических обечаек и днищ сосудов, работающих под внутренним давлением. 2. Усталостная прочность, накопление повреждений и оценка ресурса детали. 3. Практическое задание: по заданным параметрам выполнить проектировочный расчёт толщины стенки аппарата и проверить допускаемое давление.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Ладенко, А. А. Расчёт нефтепромыслового оборудования : учебное пособие / А. А. Ладенко, П. С. Кунина. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-9729-0281-1.
2. Снарев, А. И. Расчёты машин и оборудования для добычи нефти и газа : учебно-практическое пособие / А. И. Снарев. — Москва : Инфра-Инженерия, 2013. — 232 с. — ISBN 978-5-9729-0025-1.
3. Снарев, А. И. Выбор и расчёт оборудования для добычи нефти : учебное пособие / А. И. Снарев. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-0323-8.
4. Ефимченко, С. И. Расчёт и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов. Ч. 1. Расчёт и конструирование оборудования для бурения нефтяных и газовых скважин : учебник / С. И. Ефимченко, А. К. Прыгаев. — Москва : Нефть и газ, 2006. — 736 с.

5. Гурин, В. В. Детали машин. Курсовое проектирование : учебник для вузов / В. В. Гурин, В. М. Замятин, А. М. Попов. — Москва : Юрайт, 2024. — 653 с. — ISBN 978-5-534-17801-2.

8.2. Дополнительная литература

1. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник для вузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. — 16-е изд., испр. и доп. — Москва : Юрайт, 2025. — 457 с. — ISBN 978-5-534-12191-9.
2. Детали машин и основы конструирования : учебник и практикум для вузов / под редакцией Е. А. Самойлова, В. В. Джамая. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2019. — 423 с. — ISBN 978-5-534-00197-6.
3. Ладенко, А. А. Нефтегазопромысловое оборудование : учебное пособие / А. А. Ладенко. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 236 с. — ISBN 978-5-9729-0886-8.
4. Поникаров, И. И. Расчёты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки: примеры и задачи : учебное пособие / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 716 с.
5. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под редакцией И. Н. Жестковой. — 9-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2006.

8.3. Нормативные правовые и нормативно-технические документы

1. ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Общие требования.
2. ГОСТ 34233.2–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
3. ГОСТ 34233.3–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчёт на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.
4. ГОСТ 34233.4–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт на прочность и герметичность фланцевых соединений.
5. ГОСТ 34233.5–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
6. ГОСТ 34233.6–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт на прочность при малоцикловых нагрузках.
7. ГОСТ 34347–2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.
8. ГОСТ 33259–2015. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования.
9. ГОСТ 2.102–2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
10. ГОСТ 2.109–73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
11. ГОСТ 2.307–2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.
12. ГОСТ 12.2.003–91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

8.4. Электронные ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань». — URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 24.06.2026).
2. Образовательная платформа «Юрайт». — URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).

3. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).
4. Электронно-библиотечная система Znanium. — URL: <https://znanium.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).
5. Федеральный информационный фонд стандартов. — URL: <https://www.gostinfo.ru/pages/maintask/fund/> (дата обращения: 24.06.2026).
6. Электронная информационно-образовательная среда ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова.

8.5. Программное обеспечение

- операционная система и офисный пакет, доступные в университете;
- табличный процессор для расчётов, параметрических исследований и построения графиков;
- математический пакет или программная среда инженерных вычислений;
- система автоматизированного проектирования для чертежей, моделей и спецификаций;
- САЕ-система или учебное программное средство для конечно-элементного анализа;
- средства просмотра нормативной, технической и справочной документации;
- электронная информационно-образовательная среда университета.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, оснащённая рабочим местом преподавателя, доской, мультимедийным проектором и экраном. Расчётно-графические занятия и курсовое проектирование проводятся в компьютерном классе с доступом к нормативным документам, электронным библиотечным системам и инженерному программному обеспечению.

Рекомендуемое оснащение:

- персональные компьютеры с табличным процессором, CAD- и САЕ-системами;
- комплекты чертежей и трёхмерных моделей нефтегазопромыслового оборудования;
- макеты и образцы валов, подшипников, передач, фланцев, арматуры, сосудов и трубопроводных элементов;
- справочники материалов, сортамента, деталей машин и нормативов расчёта;
- паспорта, каталоги и руководства по эксплуатации насосного, компрессорного, устьевоего и скважинного оборудования;
- мультимедийные материалы по расчётам, моделированию, испытаниям и разрушениям оборудования.

10. Особенности освоения дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов организуется с учётом индивидуальных возможностей, рекомендаций психолого-медико-педагогической комиссии и индивидуальной программы реабилитации и абилитации. При необходимости предоставляются материалы в доступной электронной форме, увеличивается время выполнения расчётных и графических заданий, допускается использование ассистивных технологий и альтернативных способов представления результатов без снижения требований к сформированности компетенций.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по изучению дисциплины

«Расчёт машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

А.1. Назначение методических указаний

Методические указания предназначены для организации работы обучающихся на лекциях, практических занятиях, при самостоятельной подготовке и выполнении курсового проекта. Их цель — обеспечить единый порядок постановки расчётной задачи, выбора нормативной методики, выполнения вычислений, проверки результата и оформления инженерной документации.

А.2. Рекомендации по работе с лекционным материалом

- до занятия повторить соответствующие разделы сопротивления материалов, деталей машин, механики жидкости и газа;
- в конспекте фиксировать расчётную схему, исходные данные, допущения, критерий работоспособности и область применимости формулы;
- различать проектировочный и проверочный расчёт, номинальную и расчётную нагрузку, предел текучести и допускаемое напряжение;
- записывать размерности всех величин и приводить их к согласованной системе единиц;
- после лекции воспроизводить алгоритм расчёта без подстановки чисел и проверять его на простом примере;
- отмечать требования конкретных стандартов и их связь с расчётной моделью.

А.3. Общий порядок выполнения практической работы

1. Получить вариант задания и проверить полноту исходных данных.
2. Определить назначение объекта, условия эксплуатации и критерии работоспособности.
3. Построить расчётную схему и установить расчётные случаи.
4. Выбрать материал, расчётную температуру, допускаемые напряжения и коэффициенты.
5. Записать используемые зависимости и нормативные ограничения.
6. Выполнить расчёт в единицах СИ с промежуточными проверками.
7. Округлить проектные размеры до стандартных значений и выполнить проверочный расчёт.
8. Сопоставить результат с каталогом, чертежом или компьютерной моделью.
9. Сформулировать инженерный вывод, оформить отчёт и защитить работу.

А.4. Основные расчётные зависимости

Нормальное напряжение при растяжении или сжатии определяется как $\sigma = F / A$; напряжение изгиба — $\sigma = M / W$; касательное напряжение при кручении — $\tau = T / W_p$. При совместном действии нормального и касательного напряжений для пластичного материала может применяться эквивалентное напряжение по энергетической теории: $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$.

Условие статической прочности записывается в виде $\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma]$, где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение. Коэффициент запаса может быть определён как $n = [\sigma] / \sigma_{\text{экв}}$ либо как отношение предельного параметра к действующему с учётом принятой методики.

Критическая сила центрально сжатого стержня в области применимости формулы Эйлера определяется выражением $F_{\text{кр}} = \pi^2 EI / (\mu l)^2$, где E — модуль упругости; I — минимальный момент инерции; μl — приведённая длина.

Для цилиндрической обечайки под внутренним давлением проектировочная толщина определяется по нормативной зависимости, учитывающей давление p , внутренний диаметр D , допускаемое напряжение $[\sigma]$, коэффициент прочности сварного соединения ϕ и прибавку s . Окончательный расчёт сосудов, штуцеров, фланцев и опор выполняется по соответствующим частям ГОСТ 34233.

Расчётный ресурс подшипника качения определяется по зависимости $L_{10} = (C / P)^p$, где C — динамическая грузоподъёмность; P — эквивалентная динамическая нагрузка; p — показатель степени, зависящий от типа подшипника.

Гидравлическая мощность насосной установки определяется как $N = Q\Delta p / \eta$. Потери давления в трубопроводе рассчитывают по формуле Дарси–Вейсбаха с учётом местных сопротивлений: $\Delta p = \lambda(L/D)(\rho v^2/2) + \sum \zeta(\rho v^2/2)$.

Числовая формула не заменяет нормативную проверку. При наличии специального стандарта, технических условий или методики изготовителя расчёт выполняется по ним, а все коэффициенты и ограничения должны быть прослеживаемы до источника.

А.5. Содержание практических работ

Практическая работа 1. Карта исходных данных

Для заданного объекта сформировать техническое задание: назначение, среда, давление, температура, режим работы, нагрузки, срок службы, климатическое исполнение, материалы и нормативные документы. Выделить расчётные случаи.

Практическая работа 2. Материал и допускаемые напряжения

Выбрать материал по условиям прочности, свариваемости, коррозионной стойкости и температуры. Определить допускаемые напряжения и коэффициенты запаса, указать источник данных.

Практическая работа 3. Сложное сопротивление

Построить эпюры усилий, определить опасное сечение и эквивалентное напряжение стержневого или рамного элемента. Проверить прочность и жёсткость.

Практическая работа 4. Соединения

Выполнить расчёт болтового, резьбового или сварного соединения по заданным усилиям. Выбрать размеры, материал и проверить несущую способность.

Практическая работа 5. Вал и подшипники

Определить реакции опор, изгибающие и крутящий моменты, назначить диаметр вала, подобрать подшипники и муфту. Выполнить проверку прочности и долговечности.

Практическая работа 6. Обечайка и днище

По заданным давлению, диаметру, температуре и материалу определить расчётную толщину обечайки и днища, назначить конструктивную толщину и проверить допускаемое давление.

Практическая работа 7. Укрепление отверстия

Выбрать штуцер и определить площадь укрепления отверстия. Проверить достаточность металла обечайки, штуцера и накладного кольца.

Практическая работа 8. Фланцевое соединение

Выбрать тип фланца, прокладку и крепёж. Определить усилия затяжки и проверить прочность элементов и герметичность соединения.

Практическая работа 9. Опора аппарата

Определить нагрузки на опоры от массы, давления, ветра или сейсмического воздействия. Проверить опорный узел и устойчивость аппарата.

Практическая работа 10. Устьевая арматура

Построить расчётную схему корпуса, фланца или шпилечного соединения фонтанной арматуры. Выполнить проверку по давлению и внешней нагрузке.

Практическая работа 11. Промысловый трубопровод

Определить диаметр по расходу, потери давления, толщину стенки, температурное удлинение и усилия на опорах. Проверить максимальный режим.

Практическая работа 12. Насосная установка

По расходу и давлению определить рабочую точку, мощность, КПД и привод. Для объёмного насоса оценить силы в механизме и неравномерность подачи.

Практическая работа 13. Компрессор

Определить степень повышения давления, производительность, мощность и температуру газа. Выбрать число ступеней и оценить требования к охлаждению.

Практическая работа 14. НКТ или насосные штанги

Определить распределение осевых нагрузок, напряжения и запас прочности колонны с учётом собственного веса, давления, динамики и коррозионной прибавки.

Практическая работа 15. Подъёмное оборудование

Рассчитать канат, блок, барабан, вал или элемент мачты. Учесть динамический коэффициент, число ветвей полиспаста и требования запаса.

Практическая работа 16. Усталость и ресурс

Определить амплитуду и среднее напряжение, учесть концентрацию, размер и поверхность, оценить коэффициент запаса и ориентировочный ресурс.

Практическая работа 17. Компьютерная проверка

Построить упрощённую конечно-элементную модель, назначить материал, сетку, нагрузки и закрепления. Сопоставить результат с аналитическим расчётом и объяснить расхождение.

А.6. Методические указания по выполнению курсового проекта

Работа над курсовым проектом выполняется поэтапно. Переход к следующему этапу рекомендуется после проверки преподавателем предыдущего результата.

1. Получение и анализ задания. Уточнение назначения оборудования, режима, среды, основных параметров и ограничений.
2. Поиск и сравнительный анализ не менее двух конструктивных аналогов.
3. Выбор принципиальной схемы и обоснование конструкции.
4. Формирование полного набора нагрузок и расчётных случаев.
5. Выбор материалов и нормативной базы.
6. Выполнение основных проектировочных расчётов и назначение размеров.
7. Проверка прочности, жёсткости, устойчивости, герметичности, усталости или ресурса в объёме задания.
8. Разработка графической части и спецификации.
9. Проверка технологичности, ремонтпригодности и требований безопасной эксплуатации.
10. Оформление записки, нормоконтроль, подготовка доклада и защита.

Расчётно-пояснительная записка должна содержать сквозную нумерацию формул, рисунков и таблиц; обозначения величин после формулы; ссылки на нормативные документы; вывод после каждого расчётного раздела. Результаты компьютерного моделирования приводятся вместе с описанием модели, сетки, граничных условий и проверкой сходимости.

Графическая часть должна быть согласована с расчётами. Размеры, указанные на чертеже, должны соответствовать принятым в записке; обозначения материалов, посадок, шероховатости, сварных швов и технических требований выполняются по действующим стандартам ЕСКД.

А.7. Требования к отчёту по практической работе

1. титульная часть: дисциплина, номер и тема работы, вариант, Ф.И.О. обучающегося, группа;
2. цель работы и исходные данные с единицами измерения;
3. расчётная схема и принятые допущения;
4. перечень нормативных и справочных источников;
5. расчётные зависимости с расшифровкой обозначений;
6. ход расчёта и промежуточные результаты;
7. проектный размер или выбранный типоразмер и проверка;
8. вывод о выполнении критериев работоспособности;
9. ответы на контрольные вопросы.

Недопустимо представлять только итоговое число без расчётной схемы, исходных данных, формул и инженерного вывода. Результат должен быть воспроизводим другим специалистом.

А.8. Рекомендации по самостоятельной работе

- начинать расчёт с физического анализа работы конструкции и возможных видов отказа;
- использовать действующие редакции стандартов и фиксировать источник каждого коэффициента;
- проверять размерность формул и порядок величины результата;
- после проектировочного расчёта всегда выполнять проверочный расчёт принятого стандартного размера;
- выполнять хотя бы одну независимую проверку: упрощённая формула, баланс сил, энергетическое соотношение или компьютерная модель;
- не смешивать номинальные, рабочие, расчётные, пробные и допускаемые значения давления и нагрузки;
- сохранять промежуточные версии курсового проекта и вести перечень замечаний преподавателя.

А.9. Подготовка к аттестациям и экзамену

Для каждого вопроса рекомендуется подготовить ответ по схеме: назначение расчёта; расчётная схема; исходные данные; основные зависимости; критерий работоспособности; последовательность решения; ограничения метода; инженерный вывод. При подготовке к практической части следует повторить типовые алгоритмы расчёта и уметь переводить исходные данные в единицы СИ.

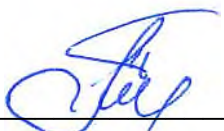
На экзамене оценивается не только получение числового результата, но и способность объяснить физический смысл расчётной модели, обосновать коэффициенты, проверить результат и предложить конструктивное решение.

А.10. Академическая добросовестность и оформление источников

Заимствованные формулы, данные и чертежи сопровождаются ссылкой на источник. Нормативные зависимости приводятся с указанием стандарта. Представление чужого или непроверенного автоматически сформированного расчёта запрещается.

Составитель программы:

Доцент каф. «ТМО»



Т.С. Богатырев

Согласованно:

Зав. кафедры «ТМО»



А.А. Эльмурзаев

Директор ДУМР



М.А. Магомаева