

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Миллионщиков Марселий Павлович

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.07.2026 09:03:19

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

« 05 » 2025г.

## **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

Грозный – 2025

## 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», «Сопrotивление 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.<br>Уметь: формализовать задачу, задавать нагрузки, закрепления и свойства материалов, оценивать корректность результата.<br>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.<br>Уметь: проверять полноту и достоверность данных, обосновывать расчётные случаи и коэффициенты.<br>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.<br>Уметь: определять расчётные нагрузки, выбирать материал и допускаемые напряжения, назначать размеры и выполнять проверку.<br>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.<br>Уметь: оформлять расчёты, схемы, чертежи и спецификации, выполнять контроль соответствия стандартам.<br>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 устьевого 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, малоциклового прочностного 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;

заключение; 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, устьёвого 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;<br>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  $p$ ,  $D$ ,  $[\sigma]$ ,  $\varphi$  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

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

## 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 давлении. 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, САД- 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, устьевого 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;  $\mu l$  — 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  $\phi$  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.

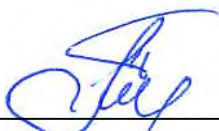
На экзамене оценивается не только получение числового результата, но и способность объяснить физический смысл расчётной модели, обосновать коэффициенты, проверить результат и предложить конструктивное решение.

#### **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