

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Миллионщиков Михаил 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

2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

**«НАДЁЖНОСТЬ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ»**

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 количественной оценке, прогнозированию и обеспечению надёжности нефтепромыслового оборудования на этапах проектирования, изготовления, испытаний, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

- изучение терминологии, свойств и показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и комплексных свойств надёжности;
- освоение вероятностно-статистических моделей отказов и восстановлений, методов обработки эксплуатационных данных;
- формирование навыков расчёта показателей надёжности невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов;
- изучение методов расчёта структурной надёжности последовательных, параллельных и резервированных систем;
- освоение методов планирования испытаний, оценки точности и достоверности показателей надёжности;
- изучение характерных механизмов отказов насосов, компрессоров, устьевого оборудования, трубопроводов, сосудов и аппаратов нефтегазовых промыслов;
- формирование умений применять FMEA/FMECA, анализ дерева отказов и анализ причин отказов для повышения надёжности оборудования;
- приобретение навыков обоснования периодичности технического обслуживания, ремонта, диагностирования и потребности в запасных частях по данным о надёжности;
- развитие способности принимать инженерные решения о допустимых режимах, остаточном ресурсе и мероприятиях по обеспечению надёжности и безопасности оборудования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Надёжность нефтепромыслового оборудования» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений (индекс Б1.В.03). Дисциплина изучается в 4 семестре. Форма промежуточной аттестации — зачет.

Освоение дисциплины опирается на результаты изучения дисциплин «Математика», «Физика», «Инженерная графика», «Материаловедение», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Теоретическая механика», «Сопrotивление материалов», «Детали машин и основы конструирования», «Диагностика технического состояния объектов НГП».

Полученные знания и умения используются при последующем освоении дисциплин «Оборудование и агрегаты нефтегазовых промыслов», «Монтаж, эксплуатация и ремонт нефтегазового оборудования», «Безопасность эксплуатации промышленного оборудования», при прохождении производственных практик и подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование трех наиболее соответствующих ее содержанию профессиональных компетенций и индикаторов их достижения.

Компетенции, индикаторы достижения и планируемые результаты обучения

Код и наименование компетенции	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3. Способен проводить необходимые испытания и технические измерения по заданной методике, обрабатывать и анализировать их результаты, готовить технические описания, обзоры и отчеты по выполненным исследованиям и проектам; участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в производство.	ПК-3.1. Обрабатывает данные об отказах, наработках и восстановлениях, оценивает показатели надёжности и достоверность результатов испытаний и наблюдений.	Знать: вероятностные модели отказов и восстановлений, показатели надёжности, методы статистической оценки и планирования испытаний. Уметь: рассчитывать вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, среднюю наработку, показатели восстановления и доверительные оценки. Владеть: навыками обработки эксплуатационной статистики, построения графиков и подготовки отчета по надёжности.	Практические работы; расчетные задания; аттестации; комплексная работа; зачет.
ПК-8. Способен осуществлять техническое обслуживание технологического оборудования, необходимого для реализации производственных процессов; участвовать в наладке и доводе оборудования при запуске новых процессов.	ПК-8.1. Использует показатели надёжности и данные об отказах для выбора стратегии, периодичности и содержания технического обслуживания нефтепромышленного оборудования.	Знать: влияние обслуживания и ремонта на надёжность, коэффициенты готовности и технического использования, основы формирования запасов и ремонтных циклов. Уметь: анализировать поток отказов и восстановлений, назначать профилактические воздействия и обосновывать межремонтные интервалы. Владеть: навыками разработки предложений по повышению эксплуатационной надёжности и снижению простоев.	Практические работы; ситуационные задачи; аттестации; комплексный кейс; зачет.
ПК-10. Способен выполнять монтаж, наладку, испытания и ввод в эксплуатацию новых образцов оборудования, узлов и систем; оценивать техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать его профилактический осмотр и текущий ремонт.	ПК-10.1. Анализирует виды и последствия отказов, оценивает долговечность и остаточный ресурс, обосновывает решения о ремонте, резервировании и дальнейшей эксплуатации оборудования.	Знать: критерии предельного состояния, методы структурного анализа, резервирования, FMEA/FMECA и оценки ресурса. Уметь: выявлять критические элементы, рассчитывать надёжность систем, сопоставлять варианты повышения надёжности и формулировать технические решения. Владеть: методами подготовки программы обеспечения надёжности и технического заключения о дальнейшей эксплуатации объекта.	Расчетно-аналитические задания; практические работы; аттестации; защита комплексной работы; зачет.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего	4 семестр
Контактная работа, всего	64	64
в том числе:		
лекционные занятия	32	32
практические занятия	32	32
лабораторные занятия	—	—
Самостоятельная работа обучающихся	80	80
Контроль, выделенный в учебном плане отдельными часами	—	—
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет
Общая трудоемкость, часов	144	144
Общая трудоемкость, зачетных единиц	4	4

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	Основные понятия, свойства и показатели надёжности нефтепромышленного оборудования	4	4	10	18
2	Вероятностно-статистические модели отказов и восстановлений	4	4	10	18
3	Надёжность невосстанавливаемых объектов	4	4	10	18
4	Надёжность восстанавливаемых объектов и процессы восстановления	4	4	10	18
5	Структурная надёжность систем и резервирование	4	4	10	18
6	Испытания на надёжность и статистическая оценка показателей	4	4	10	18
7	Анализ отказов и надёжность основных видов нефтепромышленного оборудования	4	4	10	18
8	Управление надёжностью при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте	4	4	10	18
	Итого	32	32	80	144

5.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4

Содержание разделов

Наименование разделов	Содержание
Основные понятия, свойства и показатели надёжности нефтепромышленного оборудования	Надёжность как комплексное свойство. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Исправное, работоспособное, неработоспособное и предельное состояния. Отказ, повреждение, дефект. Классификация отказов. Показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и комплексные показатели. Особенности задания требований к надёжности оборудования нефтегазовых промыслов.
Вероятностно-статистические модели отказов и восстановлений	Случайные величины и функции распределения в задачах надёжности. Вероятность безотказной работы, функция распределения времени до отказа, плотность распределения, интенсивность отказов. Экспоненциальное, нормальное, логнормальное и распределение Вейбулла. Потоки отказов и восстановлений. Цензурированные данные. Выбор модели по эксплуатационной статистике.
Надёжность невосстанавливаемых объектов	Показатели невосстанавливаемых изделий: вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, гамма-процентная наработка, интенсивность отказов. Оценивание по полным и цензурированным выборкам. Расчёт вероятности отказа за заданный интервал. Прогнозирование ресурса элементов, работающих до первого отказа. Применение моделей к деталям, узлам, арматуре и защитным устройствам.
Надёжность восстанавливаемых объектов и процессы восстановления	Наработка на отказ, средняя наработка между отказами, параметр потока отказов. Время восстановления и функция восстановления. Коэффициенты готовности, оперативной готовности и технического использования. Простой оборудования. Ремонтируемые насосы, компрессоры, приводы и технологические комплексы. Влияние организации ремонта и обеспечения запасными частями на готовность.

Наименование разделов	Содержание
Структурная надёжность систем и резервирование	Последовательные, параллельные, смешанные и мостиковые структуры. Независимые и зависимые отказы. Основное и резервное соединение элементов. Нагруженное, облегчённое и ненагруженное резервирование. Скользящий резерв. Надёжность систем с общими причинами отказов. Деревья отказов, минимальные сечения и пути успешного функционирования.
Испытания на надёжность и статистическая оценка показателей	Цели и виды испытаний: определительные, контрольные, нормальные, ускоренные. Планирование объёма выборки и продолжительности испытаний. Доверительные интервалы и точечные оценки. Ошибки принятия и отклонения партии. Обработка данных эксплуатационных наблюдений. Организация базы данных по отказам и техническому обслуживанию оборудования.
Анализ отказов и надёжность основных видов нефтепромышленного оборудования	Характерные отказы насосных и компрессорных установок, устьевого оборудования, промысловых трубопроводов, сепараторов, резервуаров и сосудов под давлением. Механизмы изнашивания, коррозии, усталости, эрозии, кавитации и вибрационного повреждения. FMEA/FMECA, анализ критичности, анализ коренных причин. Оценка последствий отказов для безопасности и непрерывности добычи.
Управление надёжностью при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте	Программа обеспечения надёжности. Сбор и анализ данных по отказам. Выбор стратегии обслуживания: по наработке, состоянию и риску. Оптимизация межремонтных интервалов. Надёжность и остаточный ресурс. Планирование запасных частей. Мероприятия по повышению надёжности: конструктивные изменения, резервирование, диагностика, совершенствование технологии и организации ремонта. Техничко-экономическая оценка решений.

5.3. Тематический план лекционных занятий

Таблица 5

Лекционные занятия

№	Тема лекции	Часы
1	Надёжность, качество и жизненный цикл нефтепромышленного оборудования.	2
2	Свойства и показатели надёжности. Классификация отказов.	2
3	Вероятностные характеристики времени до отказа.	2
4	Законы распределения, применяемые в теории надёжности.	2
5	Показатели надёжности невосстанавливаемых объектов.	2
6	Статистическое оценивание и прогнозирование наработки до отказа.	2
7	Показатели надёжности восстанавливаемого оборудования.	2
8	Процессы восстановления, готовность и простои оборудования.	2
9	Структурные схемы надёжности технических систем.	2
10	Резервирование и методы повышения структурной надёжности.	2
11	Виды и планы испытаний на надёжность.	2
12	Доверительные оценки и обработка эксплуатационной статистики.	2
13	Методы FMEA/FMECA и анализ дерева отказов.	2
14	Надёжность насосного, компрессорного, трубопроводного и емкостного оборудования.	2
15	Техническое обслуживание и ремонт по показателям надёжности.	2
16	Программа обеспечения надёжности, остаточный ресурс и экономическая эффективность.	2
	Итого	32

5.4. Тематический план практических занятий

Таблица 6

Практические занятия			
№	Тема практического занятия	Часы	Форма отчетности
1	Классификация объекта и формирование номенклатуры показателей надёжности.	2	Карта показателей.
2	Систематизация отказов и построение классификатора отказов оборудования.	2	Классификатор отказов.
3	Расчёт эмпирической вероятности безотказной работы и интенсивности отказов.	2	Расчётная таблица и графики.
4	Выбор закона распределения времени до отказа и оценка его параметров.	2	Графоаналитическое заключение.
5	Расчёт показателей надёжности невосстанавливаемого элемента.	2	Расчётный отчёт.
6	Определение гамма-процентной наработки и вероятности отказа за интервал.	2	Расчётный отчёт.
7	Расчёт наработки на отказ, времени восстановления и коэффициента готовности.	2	Расчётная таблица.
8	Анализ потока отказов и простоев ремонтируемого оборудования.	2	Диаграмма и выводы.
9	Расчёт надёжности последовательной и параллельной структур.	2	Структурная схема и расчёт.
10	Оценка эффективности резервирования технической системы.	2	Сравнительный расчёт.
11	Анализ видов, последствий и критичности отказов FMEA/FMECA.	2	Таблица FMECA.
12	Разработка плана испытаний и статистическая оценка показателей надёжности.	2	План испытаний.
13	Анализ надёжности насосной или компрессорной установки.	2	Паспорт надёжности агрегата.
14	Анализ надёжности трубопровода, устьевого оборудования или сосуда под давлением.	2	Карта отказов и барьеров.
15	Обоснование периодичности технического обслуживания и потребности в запасных частях.	2	План ТО и запасов.
16	Разработка программы обеспечения надёжности выбранного объекта НТП.	2	Комплексный отчёт и защита.
	Итого	32	

5.5. Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 7

Самостоятельная работа		
№	Вид самостоятельной работы	Часы
1	Изучение терминов и стандартов; подготовка классификатора отказов и показателей надёжности.	10
2	Подготовка выборки эксплуатационных данных, построение эмпирических функций и выбор закона распределения.	10
3	Решение задач по надёжности невосстанавливаемых объектов и оценке ресурса.	10
4	Анализ данных ремонтируемого оборудования, времени восстановления, готовности и простоев.	10
5	Расчёты структурной надёжности и сравнительная оценка вариантов резервирования.	10
6	Изучение планов испытаний, доверительных оценок и требований к сбору данных по отказам.	10

№	Вид самостоятельной работы	Часы
7	Подготовка FMEA/FMECA и анализа причин отказов выбранного нефтепромыслового оборудования.	10
8	Разработка программы обеспечения надёжности, подготовка комплексного отчёта и к зачету.	10
	Итого	80

6. Образовательные технологии

Освоение дисциплины строится на сочетании проблемных лекций, решения вероятностно-статистических и инженерных задач, анализа эксплуатационных данных, работы с отраслевыми стандартами и разработки документов по обеспечению надёжности. Практические занятия объединены в последовательный комплексный проект по оценке и повышению надёжности выбранного объекта нефтегазового промысла.

Основные применяемые образовательные технологии:

- проблемное изложение материала с анализом реальных и учебных отказов оборудования;
- расчётно-аналитические задания по оценке показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности и готовности;
- кейс-метод по выбору стратегии обслуживания, резервирования и ремонта;
- работа с эксплуатационными журналами, базами отказов, паспортами и руководствами по эксплуатации;
- применение FMEA/FMECA, дерева отказов и анализа коренных причин;
- проектная работа по разработке программы обеспечения надёжности и её защита.

При применении электронного обучения материалы лекций, задания, наборы данных, формы отчётов и консультации предоставляются через электронную информационно-образовательную среду университета.

7. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации

7.1. Формы текущего контроля

- устный опрос и обсуждение контрольных вопросов по лекционным темам;
- проверка расчётных и графоаналитических заданий;
- проверка и защита практических работ;
- первая аттестация по разделам 1–4;
- вторая аттестация по разделам 5–8;
- защита комплексного проекта по оценке и обеспечению надёжности выбранного объекта.

7.2. Соответствие оценочных средств компетенциям

Таблица 8

Оценочные средства и контролируемые компетенции

Оценочное средство	Компетенции	Контролируемый результат
Устный опрос и тестирование	ПК-3; ПК-8; ПК-10	Знание терминологии, показателей надёжности, методов анализа отказов и повышения надёжности.
Практические работы 1–6	ПК-3; ПК-10	Обработка данных до первого отказа, выбор моделей и оценка показателей невосстанавливаемых объектов.
Практические работы 7–10	ПК-3; ПК-8; ПК-10	Расчёт показателей ремонтируемого оборудования, готовности, структурной надёжности и резервирования.
Практические работы 11–14	ПК-3; ПК-10	Анализ видов и последствий отказов, испытаний и надёжности конкретных объектов НГП.
Практические работы 15–16	ПК-8; ПК-10	Обоснование технического обслуживания, запасов и программы обеспечения надёжности.
Первая и вторая аттестации	ПК-3; ПК-8; ПК-10	Проверка системности знаний и способности решать типовые расчётные и аналитические задачи.
Зачет	ПК-3; ПК-8; ПК-10	Подтверждение достижения порогового уровня всех планируемых результатов обучения.

7.3. Критерии оценивания практических работ

Таблица 9

Критерии оценивания практических работ

Критерий	Показатель
Полнота выполнения	Представлены исходные данные, расчётная модель, последовательность решения, результаты, проверка и вывод.
Математическая корректность	Формулы и статистические методы применены в соответствии с типом объекта, данных и закона распределения.
Инженерная интерпретация	Полученные показатели связаны с работоспособностью, режимом, обслуживанием и последствиями отказа объекта.
Практическая применимость	Рекомендации по резервированию, обслуживанию, ремонту и повышению надёжности обоснованы и реализуемы.
Оформление и защита	Таблицы, графики и схемы читаемы; обучающийся объясняет допущения, расчёты и отвечает на вопросы.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Таблица 10

Показатели и критерии оценивания компетенций

Код компетенции	Показатели оценивания	Критерии сформированности
ПК-3	Формирование выборки данных; выбор вероятностной модели; расчёт показателей и доверительных оценок; обработка результатов испытаний; оформление отчёта.	Компетенция сформирована, если обучающийся корректно обрабатывает данные об отказах и восстановлениях, выбирает применимую модель, рассчитывает показатели надёжности, оценивает достоверность и формулирует обоснованный вывод.

Код компетенции	Показатели оценивания	Критерии сформированности
ПК-8	Анализ потока отказов и простоев; расчёт готовности; выбор стратегии обслуживания; обоснование периодичности профилактики и потребности в запасных частях.	Компетенция сформирована, если обучающийся устанавливает влияние обслуживания на надёжность и готовность, определяет критические причины простоев и предлагает технически и организационно обоснованные мероприятия по ТО и ремонту.
ПК-10	Структурный анализ системы; FMEA/FMECA и дерево отказов; выявление критических элементов; оценка долговечности и остаточного ресурса; выбор мер повышения надёжности.	Компетенция сформирована, если обучающийся выявляет критические виды отказов, рассчитывает надёжность системы, оценивает ресурс и принимает обоснованное решение о резервировании, ремонте, ограничении режима или дальнейшей эксплуатации.

7.5. Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Таблица 11

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Уровень	Диапазон	Обобщенные критерии	Результат
Высокий	85–100 %	Расчёты выполнены полно и самостоятельно; модели и исходные допущения выбраны корректно; результаты интерпретированы; рекомендации обоснованы и практически применимы.	Зачтено
Базовый	70–84 %	Основные задания выполнены правильно; имеются отдельные неточности, не меняющие общего вывода; обучающийся объясняет и исправляет замечания.	Зачтено
Пороговый	55–69 %	Продemonстрировано знание основных показателей и способность решить типовую задачу по образцу; имеются ошибки в детализации расчётов или обосновании рекомендаций.	Зачтено
Компетенция не сформирована	менее 55 %	Неверно выбраны показатели или модели, допущены существенные расчётные ошибки, отсутствует инженерное обоснование либо принято небезопасное решение.	Не зачтено

7.6. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Таблица 12

Критерии выставления зачета

Оценка	Критерии
«Зачтено»	Обучающийся выполнил и защитил предусмотренные практические работы, прошел обе аттестации и при ответе на зачете демонстрирует не ниже порогового уровня знание показателей и методов расчёта надёжности, способность обрабатывать данные и обосновывать мероприятия по повышению надёжности оборудования.
«Не зачтено»	Не выполнена существенная часть практических работ либо обучающийся не владеет основными понятиями и методами, не способен корректно рассчитать показатели и сделать обоснованный вывод о надёжности объекта.

7.7. Вопросы к первой аттестации

1. Понятие надёжности технического объекта и её место в системе показателей качества.
2. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.
3. Исправное, работоспособное, неработоспособное и предельное состояния.
4. Отказ, повреждение, дефект и критерий отказа.
5. Классификация отказов нефтепромыслового оборудования.

6. Единичные и комплексные показатели надёжности.
7. Вероятность безотказной работы и вероятность отказа.
8. Плотность распределения времени до отказа и интенсивность отказов.
9. Связь между вероятностью безотказной работы, плотностью и интенсивностью отказов.
10. Средняя наработка до отказа и гамма-процентная наработка.
11. Экспоненциальное распределение и область его применения.
12. Распределение Вейбулла и физический смысл его параметров.
13. Нормальное и логнормальное распределения в задачах надёжности.
14. Выбор закона распределения по эксплуатационным данным.
15. Полные и цензурированные выборки данных о наработке.
16. Эмпирическая функция распределения и оценка вероятности безотказной работы.
17. Показатели надёжности невосстанавливаемого объекта.
18. Расчёт вероятности отказа за заданный интервал времени.
19. Показатели надёжности восстанавливаемого оборудования.
20. Средняя наработка между отказами, среднее время восстановления и коэффициент готовности.

7.8. Образцы билетов к первой аттестации

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования» ПЕРВАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 1 1. Понятие надёжности технического объекта и её место в системе показателей качества. 2. Плотность распределения времени до отказа и интенсивность отказов. 3. Расчетно-аналитическое задание: по данным о наработке пяти одинаковых узлов определить эмпирическую вероятность безотказной работы к заданному моменту.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования» ПЕРВАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 2 1. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. 2. Экспоненциальное распределение и область его применения. 3. Расчетно-аналитическое задание: при постоянной интенсивности отказов рассчитать вероятность безотказной работы и среднюю наработку до отказа.

ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования» ПЕРВАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 3 1. Классификация отказов нефтепромышленного оборудования. 2. Распределение Вейбулла и физический смысл его параметров. 3. Расчетно-аналитическое задание: по параметрам распределения Вейбулла определить вероятность безотказной работы и объяснить характер изменения интенсивности отказов.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ПЕРВАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 4

1. Полные и цензурированные выборки данных о наработке.
2. Показатели надёжности невосстанавливаемого объекта.
3. Расчетно-аналитическое задание: для цензурированной выборки сформировать таблицу наблюдений и указать порядок оценки показателей надёжности.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ПЕРВАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 5

1. Показатели надёжности восстанавливаемого оборудования.
2. Средняя наработка между отказами, среднее время восстановления и коэффициент готовности.
3. Расчетно-аналитическое задание: по журналу отказов и ремонтов рассчитать наработку на отказ, среднее время восстановления и коэффициент готовности.

7.9. Вопросы ко второй аттестации

1. Структурная схема надёжности и правила её построения.
2. Расчёт надёжности последовательной системы.
3. Расчёт надёжности параллельной системы.
4. Смешанные структуры и метод разложения относительно элемента.
5. Нагруженное, облегчённое и ненагруженное резервирование.
6. Кратность резервирования и эффективность резерва.
7. Зависимые отказы и отказы по общей причине.
8. Дерево отказов, логические операции И и ИЛИ.
9. Минимальные сечения отказов и пути успешного функционирования.
10. Цели и виды испытаний на надёжность.
11. Определительные и контрольные испытания.
12. Нормальные и ускоренные испытания.
13. Точечные и интервальные оценки показателей надёжности.
14. Планирование объёма выборки и продолжительности испытаний.
15. Назначение и этапы FMEA/FMECA.
16. Показатель приоритетности риска и оценка критичности отказа.
17. Характерные отказы насосных и компрессорных установок.
18. Характерные отказы промышленных трубопроводов, устьевого и емкостного оборудования.
19. Выбор стратегии технического обслуживания по наработке, состоянию и риску.
20. Программа обеспечения надёжности и мероприятия по повышению надёжности оборудования.

7.10. Образцы билетов ко второй аттестации

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ВТОРАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 1

1. Структурная схема надёжности и правила её построения.
2. Расчёт надёжности параллельной системы.
3. Расчетно-аналитическое задание: по заданным вероятностям безотказной работы элементов рассчитать надёжность параллельной системы.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ВТОРАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 2

1. Расчёт надёжности последовательной системы.
2. Нагруженное, облегчённое и ненагруженное резервирование.
3. Расчетно-аналитическое задание: сравнить надёжность последовательной системы без резерва и с одним нагруженным резервным элементом.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ВТОРАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 3

1. Дерево отказов, логические операции И и ИЛИ.
2. Минимальные сечения отказов и пути успешного функционирования.
3. Расчетно-аналитическое задание: для сценария остановки насосной установки построить фрагмент дерева отказов и определить минимальные сечения.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ВТОРАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 4

1. Цели и виды испытаний на надёжность.
2. Планирование объёма выборки и продолжительности испытаний.
3. Расчетно-аналитическое задание: сформировать план испытаний для подтверждения заданной вероятности безотказной работы при установленной доверительной вероятности.

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

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования»

ВТОРАЯ АТТЕСТАЦИЯ № 5

1. Назначение и этапы FMEA/FMECA.
2. Выбор стратегии технического обслуживания по наработке, состоянию и риску.
3. Расчетно-аналитическое задание: выполнить фрагмент FMECA для узла компрессорной установки и предложить стратегию обслуживания критического элемента.

7.11. Перечень вопросов к зачету

1. Понятие надёжности технического объекта и её место в системе показателей качества.
2. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.
3. Исправное, работоспособное, неработоспособное и предельное состояния.
4. Отказ, повреждение, дефект и критерий отказа.

5. Классификация отказов нефтепромышленного оборудования.
6. Единичные и комплексные показатели надёжности.
7. Вероятность безотказной работы и вероятность отказа.
8. Плотность распределения времени до отказа и интенсивность отказов.
9. Связь между вероятностью безотказной работы, плотностью и интенсивностью отказов.
10. Средняя наработка до отказа и гамма-процентная наработка.
11. Экспоненциальное распределение и область его применения.
12. Распределение Вейбулла и физический смысл его параметров.
13. Нормальное и логнормальное распределения в задачах надёжности.
14. Выбор закона распределения по эксплуатационным данным.
15. Полные и цензурированные выборки данных о наработке.
16. Эмпирическая функция распределения и оценка вероятности безотказной работы.
17. Показатели надёжности невосстанавливаемого объекта.
18. Расчёт вероятности отказа за заданный интервал времени.
19. Показатели надёжности восстанавливаемого оборудования.
20. Средняя наработка между отказами, среднее время восстановления и коэффициент готовности.
21. Структурная схема надёжности и правила её построения.
22. Расчёт надёжности последовательной системы.
23. Расчёт надёжности параллельной системы.
24. Смешанные структуры и метод разложения относительно элемента.
25. Нагруженное, облегчённое и ненагруженное резервирование.
26. Кратность резервирования и эффективность резерва.
27. Зависимые отказы и отказы по общей причине.
28. Дерево отказов, логические операции И и ИЛИ.
29. Минимальные сечения отказов и пути успешного функционирования.
30. Цели и виды испытаний на надёжность.
31. Определительные и контрольные испытания.
32. Нормальные и ускоренные испытания.
33. Точечные и интервальные оценки показателей надёжности.
34. Планирование объёма выборки и продолжительности испытаний.
35. Назначение и этапы FMEA/FMECA.
36. Показатель приоритетности риска и оценка критичности отказа.
37. Характерные отказы насосных и компрессорных установок.
38. Характерные отказы промышленных трубопроводов, устьевого и емкостного оборудования.
39. Выбор стратегии технического обслуживания по наработке, состоянию и риску.
40. Программа обеспечения надёжности и мероприятия по повышению надёжности оборудования.

7.12. Пример зачетного билета

ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» Дисциплина «Надёжность нефтепромышленного оборудования» ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 1 1. Показатели надёжности восстанавливаемого нефтепромышленного оборудования. 2. Структурная надёжность и резервирование технических систем. 3. Расчетно-аналитическое задание: по предоставленным данным об отказах, времени восстановления и структуре агрегата рассчитать коэффициент готовности, выявить критический элемент и предложить мероприятия по повышению надёжности.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Шишмарёв, В. Ю. Надежность технических систем : учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 289 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09368-1.
2. Тимошенков, С. П. Основы теории надежности : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенков, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 445 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8193-3.
3. Зубарев, Ю. М. Основы надежности машин и сложных систем : учебник / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-5183-8.
4. Тимошенков, С. П. Надежность технических систем и техногенный риск : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенков, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 551 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19935-2.

8.2. Дополнительная литература

1. Щурин, К. В. Надежность мобильных машин : учебник для вузов / К. В. Щурин, В. Е. Тарасенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 400 с. — ISBN 978-5-507-48431-7.
2. Половко, А. М. Основы теории надежности : учебное пособие / А. М. Половко, С. В. Гуров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. — 704 с. — ISBN 978-5-94157-541-1.
3. Сугак, Е. В. Прикладная теория надежности. Часть 2. Надежность технических систем : учебник для вузов / Е. В. Сугак. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 240 с. — ISBN 978-5-507-46747-1.
4. Сапожников, В. В. Основы теории надежности и технической диагностики : учебник / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 588 с.

8.3. Нормативные и нормативно-технические документы

1. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения.
2. ГОСТ 27.003–2016. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
3. ГОСТ 27.301–95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
4. ГОСТ 27.310–95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
5. ГОСТ Р 27.403–2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы.
6. ГОСТ Р ИСО 14224–2010. Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Сбор и обмен данными по надежности и техническому обслуживанию оборудования.
7. ГОСТ Р ИСО 20815–2013. Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Обеспечение надежности и управление производством.

8. ГОСТ Р 51901.12–2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов.
9. ГОСТ Р 51901.13–2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей.
10. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения.

8.4. Электронные ресурсы

1. Образовательная платформа «Юрайт». — URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).
2. Электронно-библиотечная система «Лань». — URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 24.06.2026).
3. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).
4. Федеральный информационный фонд стандартов. — URL: <https://www.gostinfo.ru/pages/maintask/fund/> (дата обращения: 24.06.2026).
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. — URL: <https://elibrary.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. — URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 24.06.2026).

8.5. Программное обеспечение

- операционная система и офисный пакет, доступные в университете;
- табличный процессор для статистической обработки данных, построения графиков и расчёта показателей надёжности;
- программные средства математических расчётов или статистического анализа, доступные в университете;
- система автоматизированного проектирования для выполнения структурных схем и деревьев отказов;
- веб-браузер, средства просмотра нормативных документов и электронная информационно-образовательная среда университета.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных и практических занятий используется учебная аудитория, оснащенная рабочим местом преподавателя, доской, мультимедийным проектором и экраном. Практические занятия проводятся в аудитории или компьютерном классе, обеспечивающем обработку статистических данных и работу с электронными образовательными ресурсами.

Рекомендуемое оснащение:

- комплекты эксплуатационных журналов, выборок наработок, отказов, ремонтов и простоев оборудования;
- паспорта, руководства по эксплуатации и структурные схемы насосного, компрессорного, трубопроводного и емкостного оборудования;
- учебные материалы по отказам деталей, узлов, защитных и резервных систем;
- формы FMEA/FMECA, дерева отказов, программы обеспечения надёжности и планов испытаний;
- персональные компьютеры с табличным процессором, программами расчёта и доступом к электронной информационно-образовательной среде.

Все практические расчёты выполняются на учебных исходных данных. Полученные результаты не являются промышленным заключением и не могут использоваться для принятия решения о реальной эксплуатации оборудования без установленной нормативной процедуры.

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

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов организуется с учетом индивидуальных возможностей, рекомендаций психолого-медико-педагогической комиссии и индивидуальной программы реабилитации и абилитации. При необходимости предоставляются материалы в доступной электронной форме, увеличивается время выполнения отдельных заданий, допускается использование ассистивных технологий и альтернативных способов представления результатов обучения.

Форма текущего контроля и промежуточной аттестации выбирается таким образом, чтобы обеспечить объективную оценку сформированности компетенций без снижения требований к результатам освоения дисциплины.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по изучению дисциплины
«Надёжность нефтепромышленного оборудования»

А.1. Назначение методических указаний

Методические указания предназначены для организации работы обучающихся на лекциях, практических занятиях и при самостоятельной подготовке. Практические работы формируют единый комплект материалов по оценке надёжности выбранного объекта: насосной или компрессорной установки, устьевой арматуры, участка промышленного трубопровода, сепаратора, резервуара, сосуда под давлением либо технологического комплекса.

Расчёты выполняются на учебных данных или обезличенной эксплуатационной статистике. При недостаточности данных необходимо явно указывать принятые допущения, область применимости модели и неопределённость результата.

А.2. Рекомендации по работе с лекционным материалом

- вести словарь терминов и сопоставлять определения с действующими стандартами серии ГОСТ 27;
- для каждого показателя фиксировать обозначение, формулу, единицу измерения и область применения;
- разграничивать невосстанавливаемые и восстанавливаемые объекты, отказ и восстановление, надёжность элемента и системы;
- для каждого закона распределения отмечать физический смысл параметров и характер изменения интенсивности отказов;
- после каждой темы дополнять карту «отказ — причина — показатель — метод оценки — мероприятие по повышению надёжности».

А.3. Общий порядок выполнения практической работы

1. Получить вариант объекта, структуру, режим работы и выборку данных об отказах, наработках, ремонтах или испытаниях.
2. Определить тип объекта: восстанавливаемый или невосстанавливаемый; установить критерий отказа и границы системы.
3. Выбрать показатели надёжности, расчётную схему, закон распределения и метод статистической оценки.
4. Проверить полноту и сопоставимость данных, выделить цензурированные наблюдения и аномальные значения.
5. Выполнить расчёты, построить необходимые графики и проверить размерности и предельные значения.
6. Интерпретировать результат с учётом конструкции, режима работы, последствий отказа и организации ремонта.
7. Разработать мероприятия по повышению надёжности, обслуживанию, резервированию или контролю состояния.
8. Оформить отчёт и защитить принятое решение.

А.4. Базовые зависимости, применяемые в расчётах

Показатель или модель	Расчётная зависимость
Вероятность отказа	$Q(t) = 1 - P(t)$
Интенсивность отказов	$\lambda(t) = f(t) / P(t)$
Экспоненциальная модель	$P(t) = \exp(-\lambda t)$; средняя наработка $T = 1 / \lambda$
Распределение Вейбулла	$P(t) = \exp[-(t / \eta)^\beta]$
Коэффициент готовности	$K_g = T_{ср} / (T_{ср} + T_v)$, где $T_{ср}$ — средняя наработка между отказами, T_v — среднее время восстановления
Последовательная система	$P_c = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n$
Параллельная система	$P_c = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)$

Обозначения и формулы следует применять только после проверки исходных допущений. Для неэкспоненциальных моделей средняя наработка и интенсивность отказов рассчитываются по соответствующему закону распределения.

А.5. Содержание практических работ

Практическая работа 1. Номенклатура показателей надёжности

Для заданного объекта определить функции, границы, критерии отказа и предельного состояния. Классифицировать объект и сформировать перечень единичных и комплексных показателей надёжности с указанием единиц измерения и источников данных.

Практическая работа 2. Классификатор отказов

По журналу эксплуатации сгруппировать отказы по месту, причине, характеру проявления, последствиям и способу устранения. Определить наиболее частые и наиболее критические группы, сформировать кодировку отказов.

Практическая работа 3. Эмпирические показатели безотказности

По выборке наработок построить интервальный ряд, определить число работоспособных объектов, эмпирические $P(t)$, $Q(t)$, $f(t)$ и $\lambda(t)$. Представить графики и указать интервалы наибольшей интенсивности отказов.

Практическая работа 4. Выбор закона распределения

Построить графоаналитические представления для экспоненциального и распределения Вейбулла. Оценить параметры, сравнить согласование с данными и выбрать модель с обоснованием.

Практическая работа 5. Невосстанавливаемый элемент

По параметрам закона распределения рассчитать вероятность безотказной работы, среднюю и гамма-процентную наработку, вероятность отказа за заданный интервал. Сформулировать эксплуатационный вывод.

Практическая работа 6. Цензурированные наблюдения и ресурс

Обработать выборку с объектами, не отказавшими к моменту окончания наблюдений. Определить оценку показателей и показать влияние цензурирования на результат. Рассчитать ориентировочный ресурс при заданной вероятности безотказной работы.

Практическая работа 7. Восстанавливаемое оборудование

По журналу отказов и ремонтов рассчитать суммарную наработку, наработку на отказ, среднее время восстановления, коэффициент готовности и технического использования. Выявить основные причины потерь готовности.

Практическая работа 8. Поток отказов и простоев

Построить временную диаграмму эксплуатации и восстановления. Определить параметр потока отказов, долю аварийных и плановых простоев, влияние обеспеченности персоналом и запасными частями.

Практическая работа 9. Структурная надёжность

По функциональной схеме построить структурную схему надёжности. Рассчитать вероятность безотказной работы последовательного, параллельного и смешанного вариантов. Определить критический элемент.

Практическая работа 10. Резервирование

Сравнить систему без резерва и варианты нагруженного, облегчённого или ненагруженного резервирования. Оценить выигрыш надёжности, сложность переключения и влияние отказов по общей причине.

Практическая работа 11. FMEA/FMECA

Для выбранного узла определить виды отказов, причины, локальные и конечные последствия, способы обнаружения и существующие меры контроля. Оценить тяжесть, вероятность и обнаруживаемость; ранжировать мероприятия.

Практическая работа 12. План испытаний

Сформулировать подтверждаемый показатель, уровень риска и доверительную вероятность. Определить состав выборки, продолжительность, условия, критерий приёмки и порядок обработки результатов.

Практическая работа 13. Надёжность насосной или компрессорной установки

Объединить данные по отказам подшипников, уплотнений, привода, смазки, охлаждения и автоматики. Рассчитать показатели агрегата, определить критические подсистемы и разработать мероприятия по повышению надёжности.

Практическая работа 14. Надёжность трубопроводного или емкостного оборудования

Проанализировать коррозионные, усталостные, эрозионные и герметичностные отказы. Построить дерево отказов, установить барьеры предотвращения и обнаружения, определить приоритетные точки контроля.

Практическая работа 15. Техническое обслуживание и запасные части

По интенсивности отказов, времени поставки и стоимости простоя обосновать периодичность обслуживания и минимальный страховой запас критических элементов. Сравнить обслуживание по наработке и состоянию.

Практическая работа 16. Программа обеспечения надёжности

Сформировать комплексный документ: описание объекта, требования к надёжности, источники данных, расчётные модели, FMECA, план контроля и испытаний, стратегию обслуживания, показатели эффективности и порядок актуализации программы.

А.6. Требования к отчёту по практической работе

1. титульная часть: дисциплина, номер и тема работы, вариант, Ф.И.О. обучающегося, группа;

2. цель, характеристика объекта и исходные данные;
3. принятые допущения, расчётная схема и используемые нормативные или учебные источники;
4. таблица исходных данных и проверка их полноты;
5. формулы, ход расчёта, промежуточные и итоговые результаты;
6. графики функций надёжности, структурные схемы, дерево отказов или таблица FMECA — по заданию;
7. инженерная интерпретация, ограничения метода и оценка неопределённости;
8. вывод и мероприятия по повышению надёжности.

Отчёт должен позволять воспроизвести расчёт. Недопустимо приводить итоговое число без формулы и исходных данных, применять экспоненциальную модель без обоснования или формулировать рекомендацию, не связанную с выявленными отказами и показателями.

A.7. Рекомендации по самостоятельной работе

- систематизировать формулы по типам объектов и законам распределения;
- при обработке данных сохранять исходную выборку и фиксировать правила исключения ошибочных записей;
- строить графики $P(t)$, $Q(t)$, $\lambda(t)$, потока отказов и простоев для проверки физической правдоподобности результата;
- сопоставлять расчётные показатели с конструкцией, режимом и системой технического обслуживания объекта;
- при анализе отказа различать непосредственную, основную и коренную причины;
- использовать действующие редакции стандартов и фиксировать дату обращения к электронным ресурсам.

A.8. Подготовка к аттестациям и зачету

К первой аттестации необходимо освоить терминологию, свойства и показатели надёжности, вероятностные модели, расчёты невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов. Ко второй аттестации — структурную надёжность, резервирование, испытания, FMEA/FMECA, анализ отказов нефтепромыслового оборудования и управление надёжностью при эксплуатации.

Ответ на теоретический вопрос рекомендуется строить по схеме: определение; показатели и формулы; исходные допущения; область применения; пример для нефтепромыслового оборудования. В практическом задании необходимо указать исходные данные, расчётную модель, результат, проверку и инженерный вывод.

A.9. Академическая добросовестность и оформление источников

Заемствованные положения, схемы, формулы и числовые данные сопровождаются ссылкой на источник. При использовании стандарта указываются его обозначение и наименование, при необходимости — пункт. Запрещается представлять чужой отчёт или автоматически сформированный текст без проверки исходных данных, формул, применимости модели и собственного инженерного анализа.

A.10. Рекомендуемая структура программы обеспечения надёжности

1. Назначение, состав и границы объекта.

2. Условия и режимы эксплуатации.
3. Требования и номенклатура показателей надёжности.
4. Критерии отказов и предельных состояний.
5. Структурная схема надёжности.
6. Перечень критических элементов и результаты FMEA/FMECA.
7. Источники, порядок сбора и верификации данных.
8. Методы расчёта, испытаний и подтверждения показателей.
9. Стратегия технического обслуживания, диагностирования и ремонта.
10. Порядок анализа отказов и корректирующих мероприятий.
11. План обеспечения запасными частями и ресурсами восстановления.
12. Ответственные лица, отчётность и порядок пересмотра программы.

Составитель:

Доцент кафедры «ТМО»



/ П.С. Цамаева /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой «ТМО»



/ А.А. Эльмурзаев /

Директор ДУМР



/ М.А. Магомаева /