



УТВЕРЖДАЮ
 Директор института природных ресурсов
 А.Ю. Дмитриев
 «10» 09 2016г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)
 Математические основы теории надежности

Направление (специальность) ООП 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Номер кластера (для унифицированных дисциплин)

Профиль(и) подготовки (специализация, программа)
"Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки"
 Квалификация (степень) Бакалавр
 Базовый учебный план приема 2016 г.
 Курс 3 семестр 6
 Количество кредитов 3
 Код дисциплины Б1.ВМ5.1.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	60
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации экзамен
 Обеспечивающее подразделение кафедра ТХНГ ИПР

Заведующий кафедрой

А.В. Рудаченко
(фио)

Руководитель ООП

О.В. Брусник
(фио)

Преподаватель

А.В. Рудаченко
(фио)

2016 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины Б1.ВМ5.1.2 «Математические основы теории надежности» бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей Ц1, Ц2 ООП 21.03.01 «Нефтегазовое дело»:

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС и заинтересованных работодателей
Ц1	Готовность выпускников к производственно-технологической и проектной деятельности, обеспечивающей модернизацию, внедрение и эксплуатацию оборудования для добычи, транспорта и хранения нефти и газа	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров ОАО «ТомскНИПИнефть» и предприятий нефтегазовой промышленности, предприятия ООО «Газпром», АК «Транснефть»
Ц2	Готовность выпускников к междисциплинарной экспериментально-исследовательской деятельности для решения задач, связанных с разработкой инновационных эффективных методов бурения нефтяных и газовых скважин, разработкой и эксплуатацией месторождений углеводородов, их транспорта и хранения	Требования ФГОС, критерии АИОР, соответствие международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров Института химии нефти СО РАН и предприятий нефтегазовой промышленности, предприятия ООО «Газпром», АК «Транснефть»

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов базовых знаний по анализу надежности и долговечности оборудования газонефтепроводов и газонефтехранилищ, выбору основных направлений по повышению показателей надежности на стадии проектирования оборудования и его эксплуатации.

При изучении дисциплины обеспечивается подготовка по исследованию основных причин снижения надежности оборудования и определению путей их повышения. Исследуются основные элементы механики разрушения, условия малоциклового и многоциклового усталости, причины и условия образования и роста трещин. Основные показатели надежности определяются с учетом вероятностного характера внешних воздействий и характеристик материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина Б1.ВМ5.1.2 «Математические основы теории надежности» относится к циклу математического и естественнонаучного цикла (вариатив-

ная часть, дисциплины по выбору студента) ООП направления подготовки бакалавров 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Дисциплине Б1.В.1.2 (Б1.В.2.2) «Математические основы теории надежности» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.Б8 «Математика»,
- Б1.Б13 «Механика»,
- Б1.Б9 «Информатика»;

Содержание разделов дисциплины (модуля) согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Б1. В14 «Машины и оборудование нефтегазовых объектов»,
- Б1.Б8 «Материаловедение и технология конструкционных материалов»,
- Б1.В13 «Геология нефти и газа».

Задачами изучения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными показателями надежности оборудования;
- получения навыков решения теоретических задач по определению интенсивности изнашивания, элементов механики разрушения материалов и влияния их на показатели надежности;
- формирование навыков использования математических моделей накопления повреждений в теории надежности, исследование причин и характер образования и развития трещин;
- исследование функциональной надежности магистральных трубопроводных транспортных систем;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

Студент обеспечивается:

- учебными пособиями и методическими указаниями по выполнению практических работ;
- компьютеризированными заданиями для выполнения индивидуальных практических работ.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P4	34.23	исходные представления теории надежности основные показатели надежности оборудования	У4.25	проводить анализ показателей надежности в зависимости от условий эксплуатации	В4.27	методами проведения оценки долговечности или остаточного ресурса конструкций прогнозировать эксплуатационную надежность трубопроводов
P5	35.9	математические модели накопления повреждений, факторы, определяющие вид и интенсивность изнашивания	У5.9	исследовать основные элементы механики разрушения, условия малоциклового и многоциклового усталости, причины и условия образования и роста трещин	В5.9	прочностными характеристиками металла труб и сварного соединения методикой определения показателей с учетом вероятностного характера внешних воздействий и характеристик материалов
P8	38.6	показатели и причины снижения надежности оборудования, мероприятия повышения надежности; элементы механики разрушения	У8.6	использовать структурные модели накопления повреждений; определять условия, предотвращающие образование и развитие трещин	В8.6	теорией надежности строительных конструкций
P11	311.7	закономерности снижения надежности машин в зависимости от факторов механического воздействия, причины и характер образования и развития трещин, влияние разброса механических свойств материала на показатели надежности	У11.7	оценивать эффективность мероприятий направленных на повышение надежности на стадии проектирования и эксплуатации	В11.7	моделями надежности и оценкой показателей надежности различных блоков, прогнозирование остаточного ресурса на основе диагностических данных

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математические основы теории надежности» студентом должны быть достигнуты следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
РД 1	Владеет методами проведения оценки долговечности или остаточного ресурса конструкций прогнозировать эксплуатационную надежность трубопроводов
РД 2	Умеет проводить анализ показателей надежности в зависимости от условий эксплуатации
РД 3	Рассчитывает и оценивает эффективность мероприятий направленных на повышение надежности на стадии проектирования и эксплуатации
РД 4	Владеет моделями надежности и оценкой показателей надежности различных блоков, прогнозирование остаточного ресурса на основе диагностических данных

4. Структура и содержание дисциплины

Таблица 3

Темы лекционных занятий

№ п./п	Название лекционного модуля дисциплины	Объем, ч
1	Введение в предмет. Основные показатели надежности и долговечности. Исходные представления теории надежности	1
2	Показатели надежности	2
3	Основные состояния объекта	1
4	Анализ надежности отказов объекта	2
5	Временные понятия в теории надежности	2
6	Техническое обслуживание или ремонт объектов	2
7	Резервирование объектов	1
8	Нормирование надежности	1
9	Определение и контроль надежности	2
10	Испытания на надежность	2
<i>Всего, ч</i>		<i>16</i>

Содержание модулей дисциплины

Модуль 1. *Введение в предмет. Основные показатели надежности и долговечности. Исходные представления теории надежности.*

Предмет и значение науки о надежности. Предпосылки возникновения и развития теории надежности. Краткая историческая справка. Основные направления развития теории надежности. Основные понятия и определения. Надежность машин и конструкций. Вероятность безотказной работы. Параметр потока отказов. Средняя наработка на отказ. Интенсивность отказов.

5

Простые и сложные системы в теории надежности. Объекты рассматриваемые в области надежности. (1 ч).

Модуль 2. *Показатели надежности.*

Количественные характеристики надежности. Единичный показатель надежности. Комплексный показатель надежности. Расчетный показатель надежности. Экспериментальный показатель надежности. Эксплуатационный показатель надежности. Показатели безотказности. Показатели долговечности. Показатели ремонтпригодности. Показатели сохраняемости. (2 ч).

Модуль 3. *Основные состояния объекта.*

Исправное состояние. Неисправное состояние. Работоспособное состояние. Неработоспособное состояние. Предельное состояние. Критерий предельного состояния. Основные технические состояния объекта. Описываются состояния объекта, а также их качественные признаки, для которых не применяют количественные оценки. (1 ч).

Модуль 4. *Анализ надежности отказов объекта.*

Отказ. Критерий отказа. Причина отказа. Последствия отказа. Критичность отказа. Ресурсный отказ. Независимый отказ. Зависимый отказ. Внезапный отказ. Постепенный отказ. Сбой. Перемежающийся отказ. Явный отказ. Скрытый отказ. Конструктивный отказ. Производственный отказ. Эксплуатационный отказ. Дegrадационный отказ. Рассматриваются возможности прогнозировать момент наступления отказа. (2 ч).

Модуль 5. *Временные понятия в теории надежности.*

Продолжительность или объем работы объекта. Нарботка до отказа. Нарботка между отказами. Время восстановления. Ресурс. Срок службы. Срок сохраняемости. Остаточный ресурс. Назначенный ресурс. Назначенный срок службы. Назначенный срок хранения. (2 ч).

Модуль 6. *Техническое обслуживание или ремонт объектов.*

Рассматривается комплекс операций по поддержанию работоспособности оборудования при его эксплуатации, при ожидании (если оборудование в резерве), хранении и транспортировании. Восстановление. Ремонт. Обслуживаемый объект. Необслуживаемый объект. Восстанавливаемый объект. Невосстанавливаемый объект. Ремонтируемый объект. Неремонтируемый объект. (2 ч).

Модуль 7. *Резервирование объектов.*

Обеспечение безотказности работы объекта в целом. Резервирование. Резерв. Основной элемент. Резервируемый элемент. Резервируемый элемент. Кратность резерва. Дублирование. Нагруженный резерв. Облегченный резерв. Ненагруженный резерв. Общее резервирование. (1 ч).

Модуль 8. *Нормирование надежности.*

6

Выбор номенклатуры нормируемых показателей надежности. Технико-экономическое обоснование значений показателей надежности объекта и его составных частей. Задание требований к точности и достоверности исходных данных. Формулирование критериев отказов, повреждений и предельных состояний. Задание требований к методам контроля надежности на всех этапах жизненного цикла объект. Нормируемый показатель надежности. (1 ч).

Модуль 9. Определение и контроль надежности.

Рассмотрена программа экспериментальной обработки, которая определяет цели, задачи, порядок проведения и необходимый объем испытаний или экспериментальной обработки, а также регламентирует порядок подтверждения показателей надежности на стадии разработки. Определение надежности. Контроль надежности. Расчетный метод определения надежности. Расчетно-экспериментальный метод определения надежности. Экспериментальный метод определения надежности. (2 ч).

Модуль 10. Испытания на надежность.

Испытания на безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Определительные испытания на надежность. Контрольные испытания на надежность. Лабораторные испытания на надежность. Эксплуатационные испытания на надежность. Нормальные испытания на надежность. (2 ч).

Содержание практического раздела включает 13 занятий (6 практических работ), общей трудоемкостью 16 часов (табл. 2).

Таблица 2

Темы практических занятий

№ п./п	Название практического занятия	Объем, ч
1	Расчет количественных показателей надежности по статистическим данным об отказах.	6
2	Показатели надежности для пуассоновского распределения отказов элементов. Показатели надежности при других потоках отказов элементов.	6
3	Определение частоты и интенсивность отказов приборов. Определение вероятности безотказной работы объектов.	6
4	Расчет надежности резервированных невозстанавливаемых систем	4

5	Расчет количественных показателей надежности с учетом стохастических закономерностей	6
6	Расчет надежности восстанавливаемых резервированных систем	4
Всего, ч		32

Лабораторный практикум не предусмотрен по учебному плану.

4.2. Структура дисциплины

Структура дисциплины по разделам (модулям) и видам учебной деятельности (лекции и практические занятия) с указанием временного ресурса представлена в табл. 3

Таблица 3

Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

Название раздела/темы	Аудиторная работа (ч)		СРС (ч)	Колл, Конгр.Р	Итого
	лекции	практ. занятия			
1. Введение в предмет. Основные показатели надежности и долговечности. Исходные представления теории надежности	1	2			
2. Показатели надежности	2	4	10	2	
3. Основные состояния объекта	2	3	5		
4. Анализ надежности отказов объекта	2	4	10	2	
5. Временные понятия в теории надежности	1	4	5		
6. Техническое обслуживание или ремонт объектов	2	3	5		
7. Резервирование объектов	1	2	5		
8. Нормирование надежности	1	2	5	2	
9. Определение и контроль надежности	2	4	10		
10. Испытания на надежность	2	4	5		
ИТОГО	16	32	60		108

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (табл. 5).

Таблица 5

Методы и формы организации обучения

Методы \ ФОО	Лекции	Практические занятия	СРС
IT-методы			
Работа в команде	+	+	+
Case-study	+		
Игра			
Методы проблемного обучения	+		+
Обучение на основе опыта	+		
Опережающая самостоятельная работа		+	+
Проектный метод		+	+
Поисковый метод	+	+	+
Исследовательский метод			
Другие методы			

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущая самостоятельная работа студента

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетных работ;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

6.2. Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов. В результате самостоятельной подготовки студент овладевает следующими компетенциями:

6.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Образовательные ресурсы, рекомендуемые для использования при самостоятельной работе студентов, том числе программное обеспечение, Internet- и Intranet-ресурсы (электронные учебники, компьютерные модели и др.), учебные и методические пособия:

1. рабочая программа дисциплины «Математические основы теории надежности»;
2. компьютеризированные методические указания к выполнению практикум для выполнения домашних заданий, размещенный на электронных ресурсах кафедры ТХНГ НИ ТПУ
3. лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием, компьютерный класс для проведения практических работ.

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ИТОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль успеваемости студентов осуществляется в виде:

- входного контроля (*три* тестирования);
- текущего контроля (*две* контрольные работы и собеседование при сдаче отчетов по практическим занятиям);
- итогового контроля (*зачет* в пятом семестре).

Контроль служит эффективным стимулирующим фактором для организации самостоятельной и систематической работы студентов, усиливает глубину и долговременность полученных знаний. Контроль осуществляется на аудиторных занятиях, в том числе и на консультациях, чем создаются условия, при которых студент вынужден ритмично работать над изучением данного курса.

Организация контроля строится на оценке знаний студентов по принятой в Национальном исследовательском Томском политехническом университете рейтинговой системе. Максимальное количество баллов по данной дисциплине, которое может набрать студент, составляет 100 баллов (табл. 6).

Таблица 6

№ п./п.	Вид занятий	Баллы
1	Посещение лекций	10
2	Входной контроль (тестирование)	10
3	Текущий контроль (три контрольные работы)	30
4	Выполнение и защита практических работ, из них:	
	4.1. Показатели надежности для пуассоновского распределения отказов элементов.	10
	4.2. Показатели надежности при других потоках отказов элементов.	10
	4.3. Расчет надежности линейной части газопроводов.	15

Таблица 6

№ п./п.	Вид занятий	Баллы
	4.4 Расчет надежности линейной части нефтепроводов.	15
	4.5. Выполнение индивидуального домашнего задания	
Максимальное количество баллов, всего		100

**Примеры задач для практических работ по дисциплине
«Основы теории надежности»**

Задача 1

На испытание поставлено 1000 однотипных электронных приборов. За 3000 ч отказало 80 из них. Требуется определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа приборов в течение 3000 ч.

Задача 2

На испытание поставлено 1000 однотипных электронных приборов. За 3000 ч отказало 80 приборов, а за интервал времени от 3000 до 4000 ч отказало еще 50 приборов. Требуется определить частоту и интенсивность отказов приборов в промежутке времени от 3000 до 4000 ч.

Задача 3

На испытание поставлено $N_0=400$ изделий. За время $t=3000$ ч отказало $n(t)=200$ изделий, за интервал времени $\Delta t=100$ ч отказало $n(\Delta t)=100$ изделий. Требуется определить Вероятность безотказной работы для $t=3000$ ч, 3100 ч, 3050 ч, а также частоту и интенсивность отказов для $t=3050$ ч.

Задача 4

В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за работой одного экземпляра оборудования. За весь период наблюдения было зарегистрировано 15 отказов. До начала наблюдения оборудование проработало 258 ч, а к концу наблюдения наработка оборудования составила 1233 ч. Требуется определить среднюю наработку на отказ.

Задача 5

Производилось наблюдение за работой трех экземпляров однотипной аппаратуры. За период наблюдения было зафиксировано по первому экземпляру аппаратуры 6 отказов, по второму и третьему – 11 и 8 отказов соответственно. Нарботка первого экземпляра составила 181 ч, второго 329 ч, третьего – 245 ч. Требуется определить наработку аппаратуры на отказ.

Задача 6

Система состоит из 5 блоков, причем отказ любого из них ведет к отказу системы. Известно, что первый блок отказал 34 раза в течение 952 ч работы,

второй – 24 раза в течение 960 ч работы, а остальные блоки в течение 210 ч работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Требуется определить наработку на отказ системы в целом, если для каждого из пяти блоков справедлив экспоненциальный закон надежности.

Задача 7

Пусть время работы элемента до отказа подчинено экспоненциальному закону распределения с параметром $\lambda=2,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Требуется вычислить количественные характеристики надежности элемента $P(t)$, $a(t)$, T_{cp} , если $t=500, 1000, 2000$ ч.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень рекомендуемой литературы

Основная

1. Половко А.М. Основы теории надежности : учебное пособие для вузов / А. М. Половко, С. В. Гуров. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 702 с.
2. Половко А.М. Основы теории надежности : практикум : учебное пособие/ А. М. Половко, С. В. Гуров. — СПб. : БХВ-Петербург, 2006. — 560 с.
3. В. В. Болотин. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990.
4. В. В. Болотин. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984.
5. И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Камбалов. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.
6. В.П. Когаев, Н.А. Махутов, А.П. Гусенков. Расчеты деталей машин на прочность в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1985.
5. В.П. Когаев. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В. П. Когаев ; Под ред. А. П. Гусенкова. — 2-е изд., перераб. и доп.— М. : Машиностроение, 1993. — 364 с.
7. Надежность технических систем: Справочник/Под редакцией И. А. Ушакова.– М.: Радио и связь, 1985.
8. В. Н. Фомин. Нормирование показателей надежности. – М.: Издательство стандартов, 1986.
8. Обеспечение надежности магистральных трубопроводов / А.А. Коршак, Г.Е. Коробков, В.А. Душин, Р.Р. Набиев- Уфа: ООО «ДизайнПолиграф-Сервис», 2000.- 170 с.
9. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»

10. Н.И. Самойленко, Т.С. Сенчук. Функциональная надежность магистральных трубопроводных систем: Монография. – Харьков: Изд-во НТМТ.ХНАГХ. – 2009. – 276 с.

11. Фомин В.Н. Радиографический контроль качества в сварочном производстве. — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2008. — 100 с.

Дополнительная литература

12. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. (Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. Т. 1. Методология.

Организация. Терминология) Под ред. А. И. Рембезы. -М.: Машиностроение, 1989.-224 с.

13. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. / Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. Т. 2.

14. Математические методы в теории надежности и эффективности/Под ред. Б. В. Гнеденко. -М.: Машиностроение, 1987.-280 с.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» для профилей подготовки бакалавров «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки», профессиональных стандартов 19.010 «Транспортирование природного газа по магистральным газопроводам», 19.003 «Обслуживание и ремонт технологического оборудования организаций переработки нефти и газа», 19.013 «Эксплуатация газотранспортного оборудования».

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры ТХНГ
(протокол № 29 от «28» июня 2016 г.).

Автор: к.т.н., доцент каф. ТХНГ  А.В. Рудаченко

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ТХНГ  А.В. Веревкин