

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

25 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы надежности технических систем»

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель

Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена старшим преподавателем кафедры Техносферной безопасности
Д.И. Михеевым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
техносферной безопасности
«29» _____ апреля _____ 2021 г., протокол № 12

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат для направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (ФГОС ВО), рекомендациями методической секции Ученого совета и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой техносферной безопасности в РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы надежности технических систем» относится к обязательным дисциплинам учебного плана в части, формируемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую подготовку в области математики, теории вероятностей и математической статистики, физики, механики.

Цель дисциплины – формирование теоретических знаний и профессиональных навыков в области оценки и анализа надежности технических систем на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Задача дисциплины – дать основные знания в области современных представлений о надежности в технике, обучение студентов теоретическим знаниям и практическим навыкам интерпретации теории надежности для обеспечения эффективной эксплуатации технических систем, с использованием основных принципов создания и повышения надежности технических систем, а также прогнозирования потенциальных аварийных ситуаций.

Дисциплина «Основы надежности технических систем» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.2. Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.4. Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи.

<p>Разработка и реализация проектов</p>	<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>УК-2.4. Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности. УК-2.5. Умеет решать конкретные задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Организационно-управленческий тип задач профессиональной деятельности				
<p>- обучение рабочих и служащих требованиям безопасности;</p> <p>- организация и участие в деятельности по защите человека и окружающей среды на уровне производственного предприятия, а также деятельности предприятий в чрезвычайных ситуациях;</p>	<p>- человек и опасности, связанные с человеческой деятельностью;</p> <p>- опасности среды обитания, связанные с деятельностью человека;</p> <p>- опасности среды обитания, связанные с опасными природными явлениями;</p> <p>- опасные технологические процессы и производства;</p> <p>- нормативные правовые акты по вопросам обеспечения безопасности;</p> <p>- методы и средства оценки техногенных и природных опасностей и риска их реализации;</p> <p>- методы и средства защиты человека и среды обитания от техногенных и природных опасностей;</p> <p>- правила нормирования опасностей и антропогенного воздействия на окружающую природную среду;</p> <p>- методы и средства спасения человека</p>	<p>ПК-4. Способен анализировать и применять нормативные правовые акты в сфере промышленной безопасности.</p>	<p>ПК-4.1. Знает основные нормативно-правовые акты в области промышленной безопасности и технического регулирования; контроля организации.</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист в сфере промышленной безопасности», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 16 декабря 2020 г. №911н (код ПС 40.209)</p> <p>Обобщенная трудовая функция</p> <p>А. Осуществление производственного контроля на опасном производственном объекте.</p> <p>А/01.6.</p> <p>Документационное обеспечение системы производственного контроля.</p> <p>(уровень квалификации – 6)</p>

Экспертный, надзорный и инспекционно-аудиторский тип задач профессиональной деятельности

<p>- выполнение мониторинга полей и источников опасностей в среде обитания; - участие в проведении экспертизы безопасности, экологической экспертизы; - определение зон повышенного техногенного риска</p>	<p>Сквозные виды профессиональной деятельности (сфера планирования, организации, контроля и совершенствования управления промышленной безопасностью).</p>	<p>ПК-7. Способен осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.</p>	<p>ПК-7.3. Владеет навыками осуществления контроля за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на производственных объектах.</p>	<p>Профессиональный стандарт «Специалист в сфере промышленной безопасности», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 16 декабря 2020 г. №911н (код ПС 40.209) Обобщенная трудовая функция А. Осуществление производственного контроля на опасном производственном объекте. А/02.6. Проведение производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности. (уровень квалификации – 6)</p>
--	---	---	--	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- понятия и терминологию в области надежности в технике;
- основные направления повышения надежности технических систем;

Уметь:

- применять теоретические знания из областей химии, физики, инженерных наук для определения уязвимых мест и участков технических систем;
- собирать и обрабатывать информацию, необходимую для анализа и оценки надежности отдельных технологических процессов, технических систем,
- интерпретировать результаты математического моделирования в приложение к реальным техническим системам с учетом допущений и границ применимости в рамках теории надежности.

Владеть:

- методами проведения анализа и оценки надежности технических систем;
- методы повышения надежности технических систем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3,00	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,33	48	36
в том числе в форме практической подготовки	1,00	36	27
Лекции	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,11	4	3
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,44	16	12
Лабораторные работы	0,44	16	12
в том числе в форме практической подготовки	0,44	16	12
Самостоятельная работа	1,67	60	45
Контактная работа – промежуточная аттестация		0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,33	47,6	35,7
Выполнение курсовой работы	0,33	12	9
Вид итогового контроля:	Курсовая работа Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий для студентов очного отделения

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при налич ии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
	Введение	2		1	0					1
1	Раздел 1. Надежность в технике. Теория надежности.	27	6	6	0	6	6	0	0	15
1.1	Надежность в технике. Нормативно правовые основы	9	2	2	0	2	2	0	0	5
1.2	Применение теории надежности в технике.	9	2	2	0	2	2	0	0	5
1.3	Математический аппарат теории надежности.	9	2	2	0	2	2	0	0	5
2	Раздел 2. Расчетные методы определения надежности. Надежность технических систем.	53	22	5	4	6	6	12	12	30
2.1	Расчетные методы определения надежности изделий и систем. Анализ дискретных данных.	26	11	2	2	3	3	6	6	15
2.2	Расчетные методы определения надежности изделий и систем. Анализ непрерывных величин.	27	11	3	2	3	3	6	6	15

3	Раздел 3. Методы повышения надежности. Резервирование.	26	12	4	4	4	4	4	4	14
3.1	Основные методы повышения надежности технических систем.	13	6	2	2	2	2	2	2	7
3.2	Резервирование технических систем.	13	6	2	2	2	2	2	2	7
	ИТОГО	108	40	16	8	16	16	16	16	60

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Цели и задачи дисциплины. Место дисциплины в программе подготовки бакалавра техносферной безопасности. Применение знаний дисциплины в практической деятельности. Особенности надежности технических систем в химической технологии.

Раздел 1. Надежность в технике. Теория надежности

1.1 Надежность в технике. Нормативно правовые основы

Обзор нормативно правовой документации РФ в области надежности техники. Стандарты в области надежности в технике (ССНТ). ГОСТ «Надежность в технике». Основные положения и терминология.

1.2 Применение теории надежности в технике

Интерпретация нормативно правовой документации в области надежности применительно к технологическим процессам, техническим изделиям и системам. Особенности применения теории надежности к техническим изделиям и системам.

1.3 Математический аппарат теории надежности

Теория вероятности и математическая статистика в теории надежности. Основные виды вероятностных распределений. Сочетания вероятностей. Основы статистической обработки данных.

Раздел 2. Расчетные методы определения надежности. Надежность технических систем.

2.1 Расчетные методы определения надежности изделий и систем. Анализ дискретных данных.

Дискретные показатели надежности изделий и систем. Математическое моделирование технических изделий и систем дискретного типа для целей оценки надежности. Расчет и анализ дискретных показателей надежности изделий.

2.2 Расчетные методы определения надежности изделий и систем. Анализ непрерывных величин.

Непрерывные показатели надежности изделий и систем. Основные виды непрерывных распределений. Математическое моделирование технических изделий и систем непрерывного типа для целей оценки надежности. Расчет непрерывных показателей надежности изделий.

Раздел 3. Методы повышения надежности. Резервирование.

3.1 Основные методы повышения надежности технических систем. Подходы и принципы в повышении надежности. Методы повышения надежности на различных этапах жизненного цикла изделий, оборудования и технических систем.

3.2 Резервирование технических систем.

Резервирование, виды резервирования. Принципы резервирования систем. Расчет эффективности резервирования.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	Знать:				
1	- понятия и терминологию в области надежности в технике;		+		
2	- основные направления повышения надежности технических систем;			+	+
	Уметь:				
4	- применять теоретические знания из областей химии, физики, инженерных наук для определения уязвимых мест и участков технических систем;		+		+
5	- собирать и обрабатывать информацию, необходимую для анализа и оценки надежности отдельных технологических процессов, технических систем;		+	+	
6	интерпретировать результаты математического моделирования в приложение к реальным техническим системам с учетом допущений и границ применимости в рамках теории надежности.			+	+
	Владеть:				
7	- методами проведения анализа и оценки надежности технических систем;		+	+	
8	- методами повышения надежности технических систем;				+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:					
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
9	Системное и критическое мышление	УК-1.1. Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности.		+	+
10		УК-1.2. Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие.	+	+	+
11		УК-1.4. Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи.	+	+	+
12	Разработка и реализация проектов	УК-2.4. Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности.		+	+

13		УК-2.5. Умеет решать конкретные задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений.		+	+
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения ПК			
14	ПК-4. Способен анализировать и применять нормативные правовые акты в сфере промышленной безопасности.	ПК-4.1. Знает основные нормативно-правовые акты в области промышленной безопасности и технического регулирования; контроля в организации.	+	+	+
15	ПК-7. Способен осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.	ПК-7.3. Владеет навыками осуществления контроля за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на производственных объектах.		+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия.

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Нормативная документация в области надежности в технике	2
2	1	Практическое применение теории надежности	2
3	1	Математические методы в теории надежности	2
4	2	Дискретный анализ в надежности технических систем	2
5	2	Анализ непрерывных величин в надежности технических систем	2
6	2	Аппроксимация экспериментальных данных исследования надежности	2
7	3	Методы повышения надежности на различных этапах жизненного цикла технической системы	2
8	3	Расчеты эффективности и оценки резервирования технических систем	2

6.2. Лабораторные занятия

. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Основы надежности технических систем», а также дает знания о методиках исследования надежности технических систем и интерпретации экспериментальных данных об исследованиях надежности к математическому моделированию технических систем.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 16 баллов (максимально по 4 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2	Расчет надежности технических изделий на основании анализа дискретных данных испытаний	4
2	2	Расчет надежности технических изделий на основании анализа непрерывных данных испытаний	4
3	2	Получение типовой непрерывной зависимости надежности изделия на основе дискретных данных испытаний	4
4	3	Разработка резервирования технической системы	4
5	3	Оценка резервирования технической системы	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение тематических экспозиций, музеев, выставок и семинаров;

- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- выполнение курсовой работы;
- подготовку к сдаче зачета по курсу.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

К выполнению курсовой работы студенты смогут приступить после изучения раздела 2.1 «Расчетные методы определения надежности изделий и систем. Дискретный анализ». Рекомендуется постепенное выполнение заданий курсовой работы в течение оставшейся части семестра по мере изучения соответствующих тем.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 44 балла), лабораторного практикума (максимальная оценка 16 баллов) и итогового контроля в форме *Зачета с* (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы Реферативно-аналитическая работа по дисциплине не предусмотрена.

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы по пройденному материалу. Максимальная оценка за контрольные работы составляет 14 баллов за контрольную работу №1 и по 15 баллов за каждую контрольную работу №2 и №3.

Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1.

Контрольная работа содержит 5 тестовых вопросов, по 1 баллу за вопрос, и 2 задания по основам применения математического аппарата теории надежности, по 4 и 5 баллов за задание, в зависимости от трудоемкости.

Примеры тестовых вопросов к контрольной работе № 1.

Критериями предельного состояния невозстанавливаемого объекта являются:

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| А. Высокая стоимость ремонта | В. Достижение срока службы |
| С. Нарушение исправного состояния | Д. Падение эффективности |

Применительно к теории надежности, математическое ожидание отражает:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| А. Среднюю интенсивность отказов | В. Среднюю частоту отказов |
| С. Средний срок службы | Д. Среднюю наработку на отказ |

Раздел "Филы" космического зонда "Розетта" не смог осуществить посадку в заданной области кометы "Чурюмова-Герасименко". Среди причин называются отказ ракетного двигателя, прижимающего аппарат к грунту и последующее несрабатывание фиксирующих гарпунов. Классифицируйте отказ посадки в заданной области:

А. Полный
С. Независимый

В. Деградационный
D. Внезапный

Примеры заданий к контрольной работе № 1.

Время безотказной работы оценивалось по 100 изделиям. Среднее время работы групп испытанных образцов в часах представлено в таблице. Определите среднее время работы, вероятность безотказной работы и интенсивность отказов с момента превышения изделиями среднего времени до окончания испытаний.

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
Время, ч	111	125	138	148	161	173	182	192	203	214
Отказы, шт	6	9	8	7	12	8	8	9	12	9

2. Изделие способно поддерживать вероятность безотказной работы на значении 0,75 в течении 2000 часов. Найдите падение вероятности безотказной работы в % для последующих 4000 часов работы изделия и среднее время работы, если считается применимым экспоненциальное распределение.

Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2.

Контрольная работа содержит 5 тестовых вопросов, по 1 баллу за вопрос, и 2 задания по расчетным методам надежности, по 4 и 6 баллов за задание, в зависимости от трудоемкости.

Примеры тестовых вопросов к контрольной работе № 2.

Экспоненциальное распределение является частным случаем:

- А. Распределения Бернулли
В. Распределения Пуассона
С. Распределения Релея
D. Гамма-распределения

При расчете системы типа "m из n", в случае $m < 0,5n$, расчет вероятности предпочтительно проводить:

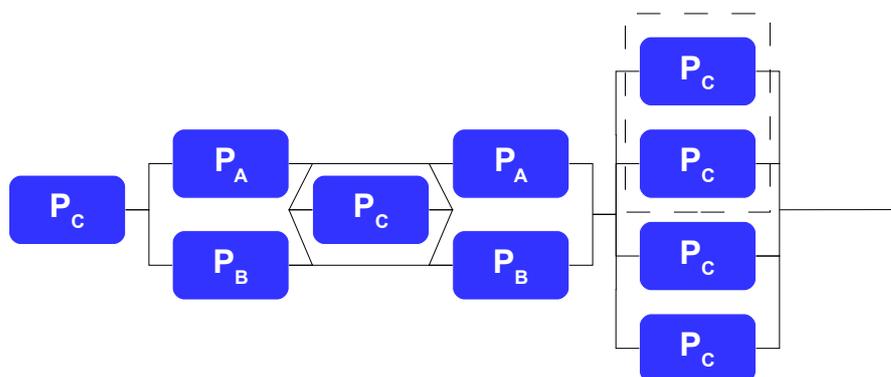
- А. Методом расчета полной вероятности относительно Р
В. Методом минимальных путей
С. Методом расчета полной вероятности относительно Q
D. Нет правильного ответа

Изобразите графически изменения частоты отказов, вероятности безотказной работы и интенсивности отказов от времени для экспоненциального распределения:

Примеры заданий к контрольной работе № 2.

Проходя через каскад из 3 барботеров, газ подается в комплекс из 2 параллельных компрессоров для последующего сжатия. Надежность работы барботёров подчиняется распределению Вейбулла с начальной интенсивностью отказов $0,00007 \text{ ч}^{-1}$ и коэффициентом снижения эффективности барботажа 1,009. Надежность работы компрессоров изменяется экспоненциально со средним временем работы 35000 ч. Рассчитайте вероятность безотказной работы системы для времени 1000 ч.

Технологическая система представлена схемой



Напишите уравнение вероятности безотказной работы системы и рассчитайте ее для времени 2222 ч, учитывая что P_A подчиняется экспоненциальному закону со средним временем работы $T_{cp}=12000$ ч, P_B — закону Вейбулла с $\alpha=1,12$ ($\Gamma=0,959339$) и $T_{cp}=14000$ ч, P_C — нормальному закону при $\sigma=4000$ ч и $T_{cp}=5500$ ч.

Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3.

Контрольная работа содержит 5 тестовых вопросов, по 1 баллу за вопрос, и одно задание по анализу и оценке техногенного риска с максимальной оценкой 10 баллов

Примеры тестовых вопросов к контрольной работе № 3.

Ключевым элементов резервирования технических систем является:

- | | |
|--|--|
| A. Замена объекта системой с меньшей вероятностью отказа | B. Использование элементов повышенной надежности |
| C. Использование избыточных ресурсов | D. Нет правильного ответа |

Методы резервирования по режимам работы резервных элементов подразделяются:

- | | |
|--------------|----------------|
| A. Временное | B. Нагрузочное |
| C. Общее | D. Постоянное |

С учётом равнонадежности элементов, верным выражением эффективности резервирования является:

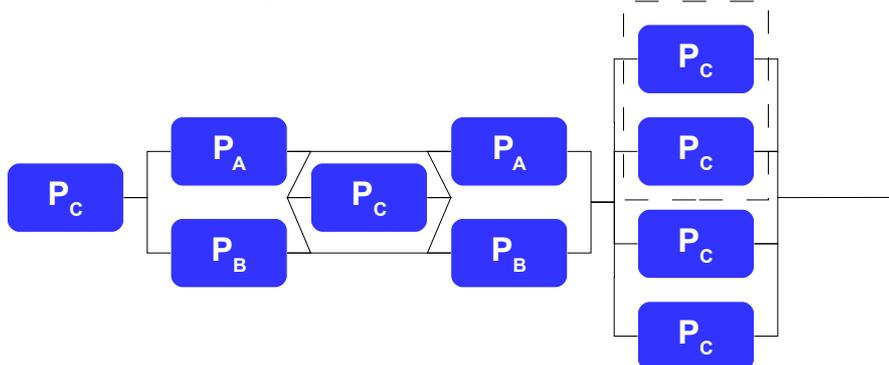
- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| A. $1/1 < 2/2 < 4/2 < 3/1$ | B. $4/2 < 3/1 < 2/2 = 1/1$ |
| C. $1/1 < 4/2 < 2/2 < 3/1$ | D. Нет правильного ответа |

Система является более надежной при:

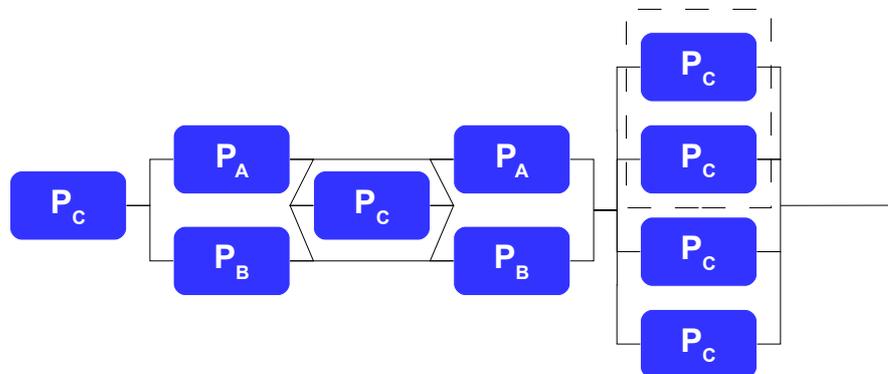
- | | |
|------------|------------|
| A. $G < 0$ | B. $G > 1$ |
| C. $G > 0$ | D. $G = 1$ |

Примеры задания к контрольной работе № 3.

1. Проведите анализ надежности по представленным условиям и предложите схему резервирования, позволяющую повысить надежность системы более чем на 7%.



2. Проходя через каскад из 3 барботеров, газ подается в комплекс из 2 параллельных компрессоров для последующего сжатия. Надежность работы барботёров подчиняется распределению Вейбулла с начальной интенсивностью отказов $0,00007 \text{ ч}^{-1}$ и коэффициентом снижения эффективности барботажа 1,009. Надежность работы компрессоров изменяется экспоненциально со средним временем работы 35000 ч. Рассчитайте вероятность безотказной работы системы для времени 1000 ч. Технологическая система представлена схемой



Напишите уравнение вероятности безотказной работы системы и рассчитайте ее для времени 2222 ч, учитывая что P_A подчиняется экспоненциальному закону со средним временем работы $T_{cp}=12000$ ч, P_B — закону Вейбулла с $\alpha=1,12$ ($\Gamma=0,959339$) и $T_{cp}=14000$ ч, P_C — нормальному закону при $\sigma=4000$ ч и $T_{cp}=5500$ ч.

3. Проведите анализ надежности по условиям задания 2 и предложите схему резервирования, позволяющую повысить надежность системы более чем на 7%.

8.4 Структура и примеры зачетной работы

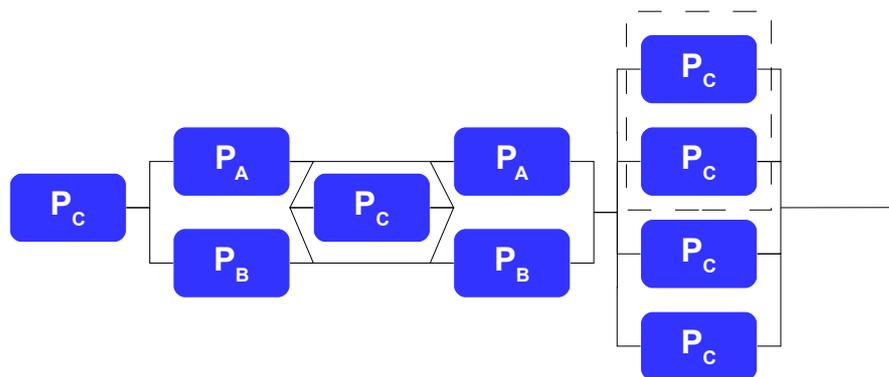
Зачетная работа по дисциплине «Надежность технических систем» включает тестовые вопросы и практические задания по всем разделам учебной программы дисциплины. Пример варианта зачетной работы:

«Утверждаю» Зав. каф. ТСБ 20 г. Н. И. Акинин	Министерство образования и науки РФ	
	Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева	
	20.03.01 Техносферная безопасность Профиль «Безопасность технологических процессов и производств» Основы надежности технических систем Вариант № 0	
Критериями предельного состояния невосстанавливаемого объекта являются:		
А. Нарушение исправного состояния	В. Длительная продолжительность ремонта	
С. Достижение срока службы	Д. Экономическая нецелесообразность	
При расчете системы типа "m из n", в случае $m < 0,5n$, расчет вероятности предпочтительно проводить:		
А. Методом расчета полной вероятности относительно Q	В. Методом минимальных сечений	
С. Методом расчета полной вероятности относительно P	Д. Методом минимальных путей	
Применительно к теории надежности, математическое ожидание отражает:		
А. Среднюю наработку на отказ	В. Среднюю частоту отказов	
С. Средний срок службы	Д. Среднюю интенсивность отказов	
Ключевым элементов резервирования технических систем является:		
А. Использование различных функциональных схем	В. Замена объекта системой с меньшей вероятностью отказа	
С. Использование минимально необходимых ресурсов	Д. Нет правильного ответа	
Описание "Хроматографическая система представляет собой испаритель, переводящий пробу в газовое состояние, термостатируемую хроматографическую колонку, обеспечивающую разделение, и систему детектирования, идентифицирующей вещества" является примером:		
А. Конструкционного разделения системы	В. Функционального разделения системы	
С. Структурного разделения системы	Д. Нет правильного ответа	
Экспоненциальное распределение является частным случаем:		
А. Распределения Бернулли	В. Распределения Пуассона	
С. Распределения Релея	Д. Гамма-распределения	
С учётом равнонадежности элементов, верным выражением эффективности резервирования является:		
А. $1/1 < 2/2 < 4/2 < 3/1$	В. $1/1 < 4/2 < 2/2 < 3/1$	

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
Время, ч	111	125	138	148	161	173	182	192	203	214
Отказы, шт	6	9	8	7	12	8	8	9	12	9

2. Проходя через каскад из 3 барботеров, газ подается в комплекс из 2 параллельных компрессоров для последующего сжатия. Надежность работы барботёров подчиняется распределению Вейбулла с начальной интенсивностью отказов $0,00007 \text{ ч}^{-1}$ и коэффициентом снижения эффективности барботажа 1,009. Надежность работы компрессоров изменяется экспоненциально со средним временем работы 35000 ч. Рассчитайте вероятность безотказной работы системы для времени 1000 ч.

Технологическая система представлена схемой



Напишите уравнение вероятности безотказной работы системы и рассчитайте ее для времени 2222 ч, учитывая что P_A подчиняется экспоненциальному закону со средним временем работы $T_{cp}=12000$ ч, P_B — закону Вейбулла с $\alpha=1,12$ ($\Gamma=0,959339$) и $T_{cp}=14000$ ч, P_C — нормальному закону при $\sigma=4000$ ч и $T_{cp}=5500$ ч.

3. Проведите анализ надежности по условиям задания 2 и предложите схему резервирования, позволяющую повысить надежность системы более чем на 7%.

8.5 Курсовая работа.

Курсовая работа по дисциплине предусмотрена учебным планом и представляет собой комплекс практических заданий, направленных на проверку закрепления практического применения полученных знаний в рамках изучения дисциплины.

Курсовая работа оценивается отдельно из 100 баллов, согласно действующей в университете рейтинговой системе. Задания 1-7 оцениваются по 7 баллов максимум, задание 8 в 26 баллов максимум, задание 9 в 25 баллов максимум.

Курсовая работа должна быть сдана на проверку не позднее зачетной недели в прошитом, пронумерованном и подписанном виде.

8.6 Пример задания курсовой работы

№1: По результатам испытаний 100 однотипных элементов определить вероятность безотказной работы для заданных наработок t_i , если известно число отказавших элементов $n(t_i)$ к моментам наработки. Отказавшие элементы с испытаний не снимались. Построить график зависимости вероятности безотказной работы $P(t_i)$.

Номер варианта	Данные для расчета					
0	t, час	100	150	200	250	300
	n, шт.	17	20	23	34	41

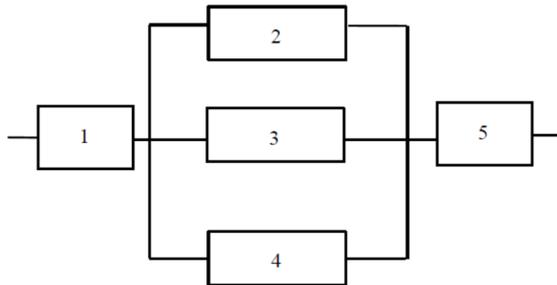
№2: По результатам испытаний 100 однотипных элементов определить плотность распределения отказов для заданных наработок t_i , если известно число отказавших элементов $n(t_i)$ к моментам наработки. Отказавшие элементы с испытаний не снимались. Построить график зависимости $f(t_i)$.

Номер варианта	Данные для расчета					
0	t, час	100	150	200	250	300
	n, шт.	17	20	23	34	41

№3: По результатам испытаний 100 однотипных элементов определить интенсивность отказов для заданных наработок t_i , если известно число отказавших элементов $n(t_i)$ к моментам наработки. Отказавшие элементы с испытаний не снимались. Построить график $\lambda(t_i)$.

Номер варианта	Данные для расчета					
0	t, час	100	150	200	250	300
	n, шт.	17	20	23	34	41

№4: Прибор составлен из 5 элементов, включенных по схеме. Вероятности отказов элементов соответственно: P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 . Найти вероятность безотказной работы прибора.



Номер варианта	Данные для расчета				
0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
	0,35	0,44	0,66	0,15	0,25

№5: Известно, что серийно выпускаемая деталь имеет экспоненциальное распределение со средним временем наработки до отказа T_{cp} . Назначенный ресурс прибора предполагается равным t . Определить вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале наработки $[0, t]$.

Номер варианта	Данные для расчета	
0	T_{cp} , час	t , час

	62400	3200
--	-------	------

№6: Известно, что серийно выпускаемая деталь имеет распределение Вейбулла со средним временем наработки до отказа T_{cp} и α . Определить вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале наработки $[0, T_{cp}]$.

Номер варианта	Данные для расчета	
0	T_{cp} , час	α
	4500	1,045

№7: Известно, что серийно выпускаемая деталь имеет нормальное распределение со средним временем наработки до отказа T_{cp} и σ . Определить вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале наработки $[0, t]$.

Номер варианта	Данные для расчета		
0	T_{cp} , час	σ , час	t , час
	9500	2700	6400

№8: Сырье проходит предварительную очистку в 4 параллельных производственных линиях, состоящих из 5 последовательных фильтров. Очищенное сырье попадает в разделительный каскад центрифугирования из 8 аппаратов, при этом каждый четный аппарат дублируется.

Данные по работе фильтров представлены в таблице. Вероятность отказа центрифуги подчиняется экспоненциальному закону.

Рассчитайте вероятность безотказной работы всего производственного узла для времени 1500 ч.

Вар.	Данные по работе фильтров										
0	Время, час	1000	1100	3000	4400	5000	6600	7000	8800	9000	11000
	Доля отказавших изделий, %.	0,62	1,33	2,1	2,91	3,76	4,62	5,51	6,42	7,34	8,27
	Данные по работе центрифуг										
	Наработка на отказ, час	6222	7485	6396	8275	6798	6033	8309	6298	7601	4769

№9: Проведите анализ надежности по условиям задания 8 и предложите схему резервирования, позволяющую повысить надежность системы более чем на 6 %.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Цвигунов, А. Н., Матвеев А.А. Основы теории надежности: учеб. пособие, М.: Издательство РХТУ, 2015. - 91 с.;
2. Сапожников, В. В. Основы теории надежности и технической диагностики : учебник / В. В. Сапожников, В. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 588 с. — ISBN 978-5-8114-3453-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115495> (дата обращения: 16.06.2020)

Б) Дополнительная литература:

1. Галеев, А. Д. Основы надежности технических систем : учебно-методическое пособие / А. Д. Галеев, Е. В. Старовойтова, С. И. Поникаров. — Казань : КНИТУ, 2019. — 224 с. — ISBN 978-5-7882-2594-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166202>

9.2 Рекомендуемые источники научно-технической информации

Электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> - Электронная библиотечная система «Лань»
2. <https://biblio-online.ru/> - Электронная библиотека «Юрайт»
3. <http://www.cntd.ru/> - Электронная нормативно-техническая библиотека «Техэксперт»
4. <http://www.garant.ru/> - Информационно-правовой портал «Гарант»

Журналы:

1. Безопасность в техносфере. ISSN 1998-071X
2. Безопасность труда в промышленности ISSN 0409-2961
3. Безопасность жизнедеятельности. ISSN 1684-6435
4. Технологии техносферной безопасности ISSN 2071-7342

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
2. <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3. <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
4. <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
5. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
6. <https://cyberleninka.ru/> - Научно-электронная библиотека «Киберленинка»

9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 121);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 150);
- банк тестовых заданий для промежуточного контроля освоения дисциплины (общее число вариантов – 50).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы надежности технических систем» проводятся в форме лекций, практических занятий и лабораторных работ, а также самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Компьютерный класс для проведения лабораторного практикума по расчетам надежности технических систем, эффективности резервирования, анализу и оценке техногенных рисков различных моделируемых технологических процессов и производств с необходимым программным обеспечением для ведения математических расчетов и статистической обработки данных.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные принтерами и программными средствами; проектор и экран; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Надежность в технике. Теория надежности.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - понятия и терминологию в области надежности в технике; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - применять теоретические знания из областей химии, физики, инженерных наук для определения уязвимых мест и участков технических систем; - собирать и обрабатывать информацию, необходимую для анализа и оценки надежности отдельных технологических процессов, технических систем; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами проведения анализа и оценки надежности технических систем; 	<p>Оценка за контрольную работу №1</p> <p>Оценка за зачет</p>
<p>Раздел 2. Расчетные методы определения надежности. Надежность технических систем.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные направления повышения надежности технических систем; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - собирать и обрабатывать информацию, необходимую для анализа и оценки надежности отдельных технологических процессов, технических систем; интерпретировать результаты математического моделирования в приложении к реальным техническим системам с учетом допущений и границ применимости в рамках теории надежности. <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами проведения анализа и оценки надежности технических систем; - методы повышения надежности повышения надежности технических систем. 	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за курсовую работу</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за зачет</p>

<p>Раздел 3. Методы повышения надежности. Резервирование.</p>	<p><i>Знает:</i> основные направления повышения надежности технических систем;</p> <p><i>Умеет:</i> -применять теоретические знания из областей химии, физики, инженерных наук для определения уязвимых мест и участков технических систем; -интерпретировать результаты математического моделирования в приложении к реальным техническим системам с учетом допущений и границ применимости в рамках теории надежности.</p> <p><i>Владет:</i> - методами повышения надежности повышения надежности технических систем;</p>	<p>Оценка за контрольную работу №3</p> <p>Оценка за курсовую работу</p> <p>Оценка за лабораторный практикум</p> <p>Оценка за зачет</p>
--	---	--

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы надежности технических систем»

основной образовательной программы

20.03.01 Техносферная безопасность
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Безопасность технологических процессов и производств»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.